


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный  
институт  
Инженерных систем зданий и сооружений  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 Г.В.Сакаш  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 2017г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01. 06 «Водоснабжение и водоотведение»  
код – наименование направления

Водоснабжение города численностью 70000 человек из поверхностного  
источника  
тема

Руководитель

  
подпись, дата

доцент, канд. тех. наук Т.Я. Пазенко  
должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

Ю.В. Сысоева  
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт

Кафедра «Инженерные системы зданий и сооружений»

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий кафедрой ИСЗиС

\_\_\_\_\_ Сакаш Г.В.  
подпись                      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01.06 «Водоснабжение и водоотведение»

Водоснабжение города численностью 70000 человек из поверхностного  
источника

Пояснительная записка

Руководитель \_\_\_\_\_ доцент, канд.тех.наук. Т.Я. Пазенко  
подпись, дата                      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ Ю.В. Сысоева  
подпись, дата                      инициалы, фамилия

Красноярск 2017

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Водоснабжение города численностью 70000 человек из поверхностного источника» содержит 79 страниц текстового документа, 16 используемых источников, 6 листов графического материала, 19 страниц приложений.

НАСЕЛЕННЫЙ ПУНКТ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СЕТИ, РАСЧЕТ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ, РАСЧЕТ СТАНЦИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ, НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ, ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ.

Объект проектирования – населенный пункт численностью 70000 в масштабе 1:5000.

Выпускная квалификационная работа состоит из двух разделов.

В разделе «Водоснабжение города численностью 70000 человек из поверхностного источника» произведен расчет необходимых расходов воды; гидравлический расчет сети, расчет водозаборных сооружений, сооружений станции водоподготовки, насосных станций; выбрана технология очистки природной воды.

В разделе «Технология и организация строительства трубопровода»:

- разработана прокладка участка трубопровода водопроводной сети от узла 1 до узла 3 диаметром 400 мм, длиной 1425 м.
- определены объемы земляных работ, выполняемых механизированным и ручным способами.
- на основании исходных и рассчитанных параметров сделан предварительный выбор комплекта необходимых машин, механизмов и оборудования.
- составлен календарный план производства работ и график передвижения рабочей силы при строительстве данного участка трубопровода.

Все расчёты, представленные в выпускной квалификационной работе, выполнены с учётом действующих нормативных документов и справочной литературы.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Определение расчетных расходов воды. Гидравлический расчет водопроводной сети.....	6
1.1 Общие сведения об объекте водоснабжения.....	6
1.2 Характеристика промышленного предприятия.....	6
1.3 Определение расчетных расходов воды.....	6
1.3.1 Расход воды на хозяйственно – питьевые нужды населения...	7
1.3.2 Расход воды на нужды промышленных предприятий.....	8
1.3.3 Расходы воды на коммунальные нужды города.....	10
1.3.4 Расходы воды на пожаротушение.....	10
1.3.5 Расход воды на нужды местной промышленности.....	10
1.4 Режим водопотребления в течение суток.....	10
1.5 Гидравлический расчет водопроводной сети.....	12
1.5.1 Расчетная схема отдачи воды потребителю.....	12
1.5.2 Гидравлический расчет сети.....	13
2 Расчет водозаборных сооружений и их проектирование.....	15
2.1 Выбор типа водозаборного сооружения.....	15
2.2 Гидравлические расчеты водозабора.....	16
2.2.1 Расчет производительности камеры водоприемного колодца.....	16
2.3 Расчет сороздерживающего оборудования.....	16
2.3.1 Расчетные параметры сороздерживающих решеток.....	16
2.3.2 Расчетные параметры сороздерживающих сеток.....	18
2.4 Расчет самотечных водоводов и трубопроводов НС I.....	18
2.5 Расчетные параметры русловых колодцев.....	19
2.5.1 Определение отметок уровней воды и отдельных конструкций в водоприемной камере.....	19
2.5.2 Определение отметок уровней воды и конструкций во всасывающей камере.....	21
2.6 Выбор типа очистки водоводов.....	21
3. Расчет и проектирование насосных станций.....	22
3.1 Насосная станция I подъема.....	22
3.1.1 Определение требуемого напора насосов станции I-го подъема.....	22
3.1.2 Подбор насосов.....	23
3.1.3 Определение отметки оси насоса.....	23
3.1.4 Основное и вспомогательное оборудование водозаборов.....	24
3.2 Насосная станция II подъема.....	25
3.2.1 Определение уровней воды в РЧВ.....	25
3.2.2 Расчет диаметров всасывающих и напорных трубопроводов..	26
3.2.3 Определение требуемого напора насосов.....	27
3.2.4 Подбор насосов.....	29

3.2.5 Определение отметки оси насоса.....	29
4 Расчет и проектирование сооружений станции водоподготовки.....	31
4.1 Очистные сооружения.....	31
4.1.1 Определение производительности водопроводных очистных сооружений.....	31
4.1.2 Выбор технологической схемы водоподготовки.....	32
4.2 Расчет технологических параметров сооружений станции водоочистки для хозяйственно-питьевых целей.....	33
4.2.2 Сетчатые барабанные микрофильтры.....	33
4.2.3 Оборудование для приготовления растворов реагентов.....	34
4.2.4 Растворение коагулянта сжатым воздухом.....	34
4.2.5 Воздуходувки и воздухопроводы.....	36
4.2.6 Суженный участок для ввода реагента.....	38
4.2.7 Приготовление известкового молока.....	40
4.2.8 Склады реагентов.....	40
4.2.9 Дозирование растворов реагентов.....	41
4.2.10 Вертикальный (вихревой) смеситель.....	43
4.2.11 Сбор воды периферийным лотком.....	45
4.2.12 Расчет контактного осветлителя.....	48
4.2.13 Обеззараживание.....	57
5 Технология и организация строительного производства.....	58
5.1 Определение объемов земляных работ.....	58
5.2 Определение объема земли подлежащей вывозу в отвал за пределы стройки.....	64
5.3 Предварительный выбор комплекта машин.....	66
5.4 Выбор механизмов для обратной засыпки траншеи и ее планировки.....	71
5.5 Определение технико-экономических показателей.....	72
5.6 Определение размеров забоя.....	75
5.7 Выбор кранового оборудования для монтажа трубопровода.....	76
Заключение.....	78
Список используемых источников.....	79
Приложение А.....	80
Приложение Б.....	81
Приложение В.....	82
Приложение Г.....	83
Приложение Д.....	89
Приложение Е.....	95

## **ВВЕДЕНИЕ**

Контролем по обеспечению населения земли качественной водой занимаются ООН и организации, входящие в ее состав: Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), ЮНЕСКО, Всемирная метеорологическая организация (ФАО) и т.д.

Проблема стабильного водоснабжения является в настоящее время очень актуальной для России. Для защиты водных объектов от антропогенного загрязнения, улучшения качества питьевой воды, минимизации сбора неочищенных сточных вод необходима реализация комплекса нормативных, экономических и водохозяйственных мер.

В настоящее время в России централизованные системы водоснабжения имеют 99% городов и 81% поселков городского типа, источником водоснабжения являются поверхностные и подземные воды.

Действующие сооружения водоподготовки не способны удалить из поверхностных источников загрязнения антропогенного происхождения, такие как фенолы, нефтепродукты, пестициды, СПАВы, ионы тяжелых металлов и др. Пониженное качество питьевой воды приводит к различным заболеваниям населения.

Внедрение многих технологических приемов требует реконструкции существующих станций водоочистки – это приводит к большим капитальным затратам.

Самым простым и самым надежным способом улучшения процесса водоочистки является использование современных реагентов и материалов для повышения эффективности работы очистных сооружений.

## **1 Определение расчетных расходов воды. Гидравлический расчет водопроводной сети**

### **1.1 Общие сведения об объекте водоснабжения**

Объектом проектирования является населенный пункт, расположенный на территории Красноярского края на левом берегу реки Чулым в отрогах хребта Арга.

Климат района резко континентальный. Средняя температура воздуха в июле  $+18,2^{\circ}\text{C}$ , январе  $-17,7^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температуры в январе  $-62^{\circ}\text{C}$ , максимум в июле  $38,0^{\circ}\text{C}$ . Господствующее направление ветра западное. Глубина промерзания грунтов 2,5 метра, грунт – супесь.

Источником водоснабжения города является река Чулым с расходом воды  $125 \text{ м}^3/\text{с}$ , скоростью  $0,83 \text{ м/с}$ . Длина реки составляет 1895 км, площадь 134 тыс. километров, глубина до 7 метров. Ледосплыв отсутствует

Застройка жилого сектора состоит из пятиэтажных домов, оборудованных горячим и холодным водоснабжением, канализацией и центральным отоплением. Имеются детские учреждения, общеобразовательные школы, торговые центры, больницы, столовые, кафе, улицы озеленены и заасфальтированы. На территории города расположено предприятие по производству сульфатной целлюлозы и полуцеллюлозы.

### **1.2 Характеристика промышленного предприятия**

При производстве целлюлозы воды расходуется на охлаждение теплообменных аппаратов, в барометрических и поверхностных конденсаторах, на промывку целлюлозы и ее разбавление, на вакуум-насосы и т.д.

При отбелке целлюлозы вода используется для промывки целлюлозы между ступенями отбелки, для приготовления белильных растворов, на sprays для промывки сеток вакуум-фильтров, для разбавления древесной массы, а также при сортировании и сгущении беленой целлюлозы на сортировках и сгустителях.

На данном предприятии применяется оборотная система водоснабжения с повторным и последовательным использованием воды.

### **1.3 Определение расчетных расходов воды**

При проектировании водопроводной системы определяют в первую очередь количество потребляемой воды и режим ее расходования.

Общее количество воды, подаваемое водопроводом, включает в себя расход воды на хозяйственно – питьевые нужды населения; на нужды промышленного предприятия; на коммунальные нужды города (полив зеленых насаждений, мойка улиц); на нужды местной промышленности; на нужды пожаротушения.

### 1.3.1 Расход воды на хозяйственно–питьевые нужды населения

Здания в данном населенном пункте оборудованы внутренним водопроводом и канализацией, централизованным горячим и холодным водоснабжением, таким образом, норма водопотребления составляет 230 л/(чел·сут).

Число жителей  $N$ , чел., определяется по формуле

$$N = F_{ж} \cdot \rho, \quad (1.1)$$

где  $F_{ж}$  – площадь жилой застройки, 250 га;

$\rho$  – плотность населения, 280 чел/га.

$$N = 250 \cdot 280 = 70000 \text{ чел.}$$

Количество воды, необходимое для водоснабжения населенного пункта, характеризуется суточным расходом воды на хозяйственно-питьевые нужды и определяется по формуле

$$Q_{ср.сут} = \frac{q_{ж} \cdot N}{1000}, \quad (1.2)$$

где  $q_{ж}$  – норма водопотребления, принимаемая согласно табл.1 [13], в зависимости от степени благоустройства жилого района, л/сут;

$N$  – расчетное число жителей в жилой застройке, чел.

$$Q_{ср.сут} = \frac{70000 \cdot 230}{1000} = 16100 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

В сутки наибольшего и наименьшего водопотребления расчетные расходы воды определяются по формулам

$$Q_{\max} = K_{сут.макс} \cdot Q, \quad (1.3)$$

$$Q_{\min} = K_{сут.мин} \cdot Q, \quad (1.4)$$

где  $K_{сут.макс.}$  – максимальный коэффициент суточной неравномерности водопотребления, принимается равным  $K_{сут.макс} = 1,1 - 1,3$ ;

$K_{сут.мин.}$  – минимальный коэффициент суточной неравномерности принимается равным  $K_{сут.мин.} = 0,7-0,9$ .

$$Q_{\max} = 1,3 \cdot 16100 = 20930 \text{ м}^3/\text{сут.},$$



$$Q_{\min} = 0,9 \cdot 16100 = 14490 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетные часовые расходы воды  $q_{\text{ч}}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , определяются по формулам

$$q_{\text{ч.макс.}} = K_{\text{ч.макс.}} \cdot \frac{Q_{\text{сут.макс.}}}{24}, \quad (1.5)$$

$$q_{\text{ч.мин.}} = K_{\text{ч.мин.}} \cdot \frac{Q_{\text{сут.мин.}}}{24}, \quad (1.6)$$

где  $K_{\text{ч}}$  – коэффициент часовой неравномерности, который определяется по формулам

$$K_{\text{ч.макс.}} = \alpha_{\text{макс.}} \cdot \beta_{\text{макс.}}, \quad (1.7)$$

$$K_{\text{ч.мин.}} = \alpha_{\text{мин.}} \cdot \beta_{\text{мин.}}, \quad (1.8)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, который учитывает степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие условия, принимается согласно п.2.2. [13],  $\alpha_{\text{макс.}} = 1,2 \div 1,4$ ;  $\alpha_{\text{мин.}} = 0,4 \div 0,6$ ;

$\beta$  – коэффициент, который учитывает число жителей в населенном пункте, принимается по табл. 2 [13], величина которого при численности жителей 70000 чел. составляет  $\beta_{\text{макс.}} = 1,13$ ;  $\beta_{\text{мин.}} = 0,64$ .

$$K_{\text{ч.макс.}} = 1,2 \cdot 1,13 = 1,4,$$

$$K_{\text{ч.мин.}} = 0,5 \cdot 0,64 = 0,32,$$

$$q_{\text{ч.макс.}} = 1,4 \cdot \frac{20930}{24} = 1220,92 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$q_{\text{ч.мин.}} = 0,32 \cdot \frac{6718,2}{24} = 83,9 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

### 1.3.2 Расход воды на нужды промышленных предприятий

Режим водопотребления на предприятиях суммируется из режимов потребления групп потребителей на нем. Расход воды на технологические нужды зависит в первую очередь от технологии производства. Режим потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды работников предприятия определяют по сменам. В первый час каждой последующей смены осуществляется потребление воды на принятие душа работниками.

Число работающих на предприятии составляет 1200 человек, распределяем их по сменам, и принимаем по 400 человек в каждую смену. Из них в горячих цехах работает по 150 человек в каждую смену.

В соответствии с [13] нормы водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды работников промышленных предприятий принимают для работающих в цехах с тепловыделением больше 84 кДж на 1 м<sup>3</sup>/ч  $q_r=45$  л в смену на одного человека; для остальных цехов принимается  $q_x=25$  л.

В горячих цехах объем водопотребления для 8-ми часовой смены, м<sup>3</sup>/смена, определяют по формуле

$$Q_{x-n.} = \frac{q_z \cdot n_z}{1000}, \quad (1.9)$$

где  $n_z$  – количество людей, работающих в горячих цехах за одну смену, чел.

$$Q_{x-n.} = \frac{q_z \cdot n_z}{1000} = \frac{150 \cdot 45}{1000} = 6,75 \text{ м}^3/\text{смена}.$$

В холодных цехах объем водопотребления для 8-ми часовой смены, м<sup>3</sup>/смена, определяют по формуле

$$Q_{x-n.} = \frac{q_x \cdot n_x}{1000}, \quad (1.10)$$

где  $n_x$  – количество людей, работающих в холодных цехах за одну смену, чел.

$$Q_{x-n.} = \frac{250 \cdot 25}{1000} = 6,25 \text{ м}^3/\text{смена}.$$

Расход воды на принятие душа работниками, м<sup>3</sup>/ч, определяем по формуле

$$Q_{душ.} = \frac{0,375 \cdot N_{душ}}{\alpha}, \quad (1.11)$$

где  $N_{душ}$  – число пользующихся душем в данную смену;

$\alpha$  – количество человек, приходящихся на одну душевую сетку.

$$Q_{душ.} = \frac{0,375 \cdot 150}{8} = 7,03 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

### 1.3.3 Расходы воды на коммунальные нужды города

Среднесуточное потребление воды на поливку определяется по п. 2.3, табл. 3 [13], в зависимости от покрытия территории, способа поливки, вида зеленых насаждений, климатических условий и др.

Расход воды на поливку  $Q_{\text{полив}}$ ,  $\text{м}^3/\text{сут}$ , зависит от расчета на одного жителя по [13] -  $50\text{л}/(\text{чел}\cdot\text{сут})$  и определяется, по формуле

$$Q_{\text{полив}} = \frac{N \cdot 50}{1000}, \quad (1.12)$$

где  $N$  – количество жителей в населенном пункте, чел.

$$Q_{\text{полив}} = \frac{70000 \cdot 50}{1000} = 3500 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Принимаем одну поливку за сутки продолжительностью 6 ч, режим поливочного водопотребления - равномерный.

### 1.3.4 Расходы воды на пожаротушение

Расход воды на наружное пожаротушение и количество одновременных пожаров в населенном пункте принимаем по табл. 5 и 7 [13]. При застройке населенного пункта зданиями высотой более 3-х этажей с численностью населения более 50000 человек принимаем два одновременных пожара с расходом воды на один пожар –  $35 \text{ л/с}$ .

### 1.3.5 Расход воды на нужды местной промышленности

Расход воды на местную промышленность определяется по формуле

$$Q_{\text{м.пр}} = 0,1 \cdot Q_{\text{сут.макс}}, \quad (1.13)$$

$$Q_{\text{м.пр}} = 0,1 \cdot 20930 = 2093 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

## 1.4 Режим водопотребления в течение суток

Питьевая вода расходуется с колебаниями в течение суток. Для гидравлического расчета водопроводной сети и сооружений составляется график водопотребления в течение суток..

Результаты расчета водопотребления по часам суток приведены в приложении А.

По данным таблицы 1 в приложении А чертим график водопотребления населенного пункта и промышленных предприятий по часам суток, рисунок 1.1.

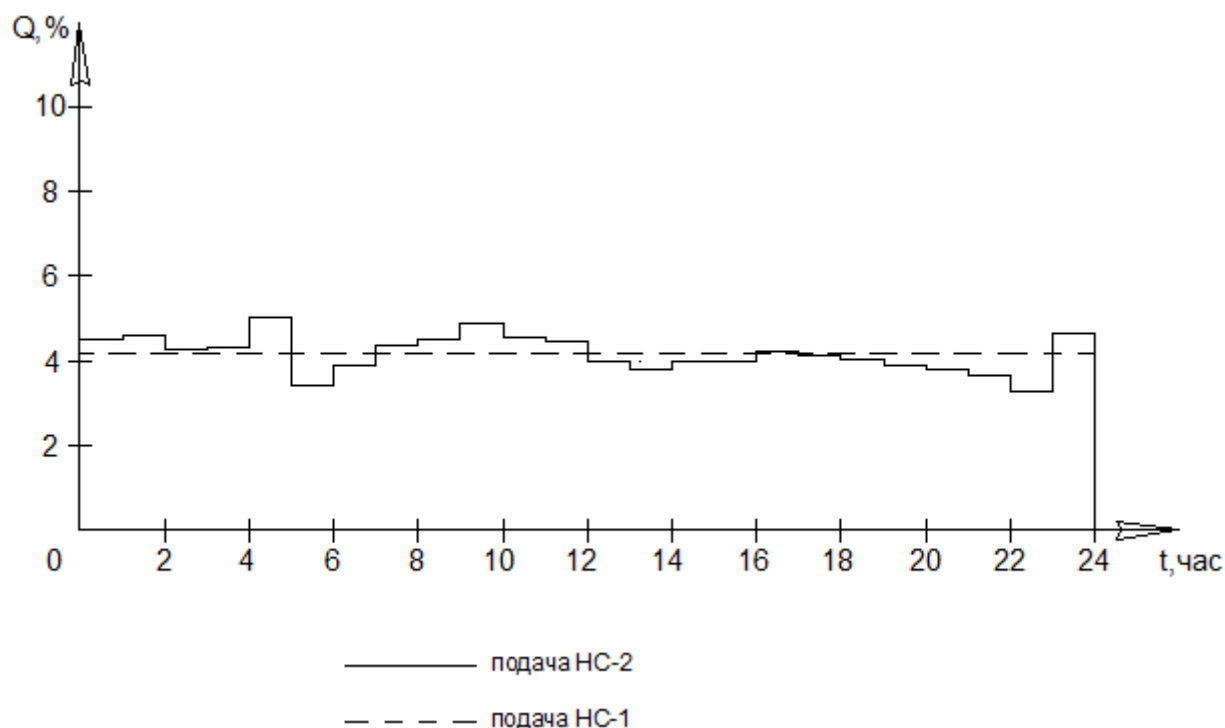


Рисунок 1.1 – Совмещенный график водопотребления города, подачи воды насосами НС-I и подачи воды потребителю насосами НС-II.

Определяем регулируемую емкость бака РЧВ, расчет приведен в приложении Б.

Полный объем резервуаров чистой воды,  $W_{РЧВ}$ ,  $м^3$ , определяется по формуле

$$W_{рчв} = W_{рег} + W_{соб.н} + W_{пож} \quad , \quad (1.14)$$

где  $W_{рег}$  – регулирующий объем воды в резервуаре;

$W_{пож}$  – неприкосновенный запас воды на тушение пожара;

$W_{соб.н}$  – объем воды на собственные нужды станции.

Объем регулирующей емкости резервуара составляет 3,32% суточного расхода воды:

$$W_{рег} = \frac{3,23 \cdot 26562}{100} = 857,9 \text{ } м^3. \quad (1.15)$$

Неприкосновенный противопожарный объем  $W_{пож}$  рассчитывается исходя из условия тушения расчетного количества одновременных пожаров  $n$  в течение всего времени тушения пожара  $T_{пож}$  и определяется по формуле

$$W_{пож} = T_{пож} \cdot 3,6 \cdot (n_{н.п} \cdot q_{н.п} + n_{п.пр} + q_{п.пр}), \quad (1.16)$$

где  $n$  – количество пожаров в населенном пункте и на промышленном предприятии, принимается по таблице 5 [13];

$q$  – расход воды на тушение одного пожара, в населенном пункте и на промышленном предприятии, принимается по таблице 6 [13];

$T_{пож}$  – время тушения одного пожара, 3 ч.

$$W_{пож} = 3 \cdot 3,6 \cdot (2 \cdot 35 + 1 \cdot 40) = 1188 \text{ м}^3.$$

5% от  $Q_{сут.макс}$  составляет объем регулирующей емкости резервуара на собственные нужды станции, который определяется по формуле

$$W_{соб.н} = 0,05 \cdot Q_{сут.макс}, \quad (1.17)$$

$$W_{соб.н} = 0,05 \cdot 26562 = 1328,1 \text{ м}^3.$$

Полный объем резервуаров чистой воды находим по формуле (1.14)

$$W_{рчв} = 857,9 + 1188 + 1328,1 = 2274 \text{ м}^3$$

Принимаю 2 резервуара объемом по 2000  $\text{м}^3$  каждый. Размеры типового резервуара – 24×18×4,8 м.

## 1.5 Гидравлический расчет водопроводной сети

Бесперебойная подача воды потребителям обеспечивается за счет устройства кольцевой сети.

Основная магистральная сеть состоит из 4-х колец, ее конфигурация приведена на рис. 1.2 – 1.3. Произведем гидравлический расчет магистральной сети с помощью метода Лобачева–Кросса.

### 1.5.1 Расчетная схема отдачи воды потребителю

Каждый участок сети отдает постоянный удельный расход  $q_{уд}$ , л/(с·м), который определяется по следующей формуле

$$q_{уд} = \frac{Q - Q_{соср}}{\Sigma l}, \text{ л/(с·м)}, \quad (1.18)$$

где  $q_{yd}$  – удельный расход воды на 1 метр сети, л/(с·м);

$Q$  – общий расход воды, л/с;

$Q_{cosp}$  – сосредоточенный расход, который отбирается предприятием, л/с;

$\sum l$  – суммарная длина участков магистральной водопроводной сети, м.

В сумму длин  $\sum L$  не включаются участки сети, которые проходят через территории, из которых не отбирается вода, а также через территории с односторонним отбором воды.

Удельные отборы определяют в зависимости от плотности населения (этажности застройки) и степени санитарно-технического благоустройства зданий.

Определим путевые отборы воды  $q_{пут}$ , л/с, из каждого участка сети, зная удельный отбор

$$q_{пут} = q_{yd} \cdot L, \quad (1.19)$$

где  $L$  — длина участка, м.

Принимаем, что вода отбирается из сети в виде сосредоточенных расходов в узлах сети. Узловой расход равен половине суммы путевых расходов участков, которые примыкают к узлу. В таком случае также учитывается сосредоточенный расход.

Узловой расход определяется по формуле

$$q_{узн} = \frac{\sum q_{пут}}{2}, \text{ л/с.} \quad (1.20)$$

Удельный расход при максимальном водоразборе определяется по формуле

$$q_{yd} = \frac{1341,95 - 1,625}{3,6 \cdot 7890} = 0,047187, \text{ л/(с - м).}$$

Результаты расчета путевых и узловых расходов приведены в приложении В.

### 1.5.2 Гидравлический расчет сети

Гидравлический расчет сети производим по таблицам Ф.А. Шевелева.



При пожаре в час максимального водоразбора весь расход воды составляет:  $Q = 372,75 + 2 \cdot 35 = 442,75 \text{ л/с}$  и поступает в узел 1 от НС-2.

Пожары происходят в узлах 1 и 6.

Удельные и сосредоточенные отборы воды предприятием в данном расчетном случае такие же, как и в случае максимального водоразбора.

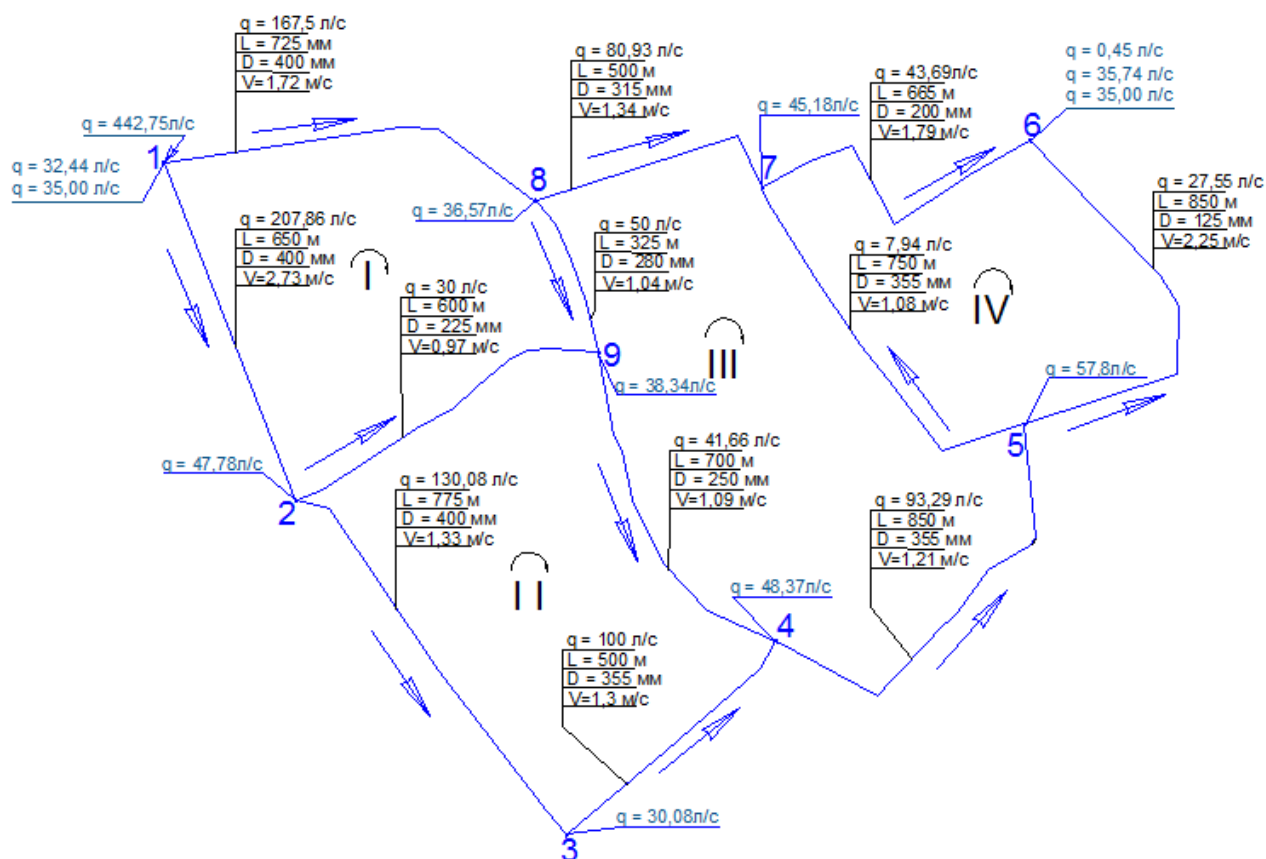


Рисунок 1.3 – Схема гидравлического расчета кольцевой сети при пожаре в час наибольшего водопотребления

## 2 Расчет водозаборных сооружений и их проектирование

### 2.1 Выбор типа водозаборного сооружения

Принимаем водозаборное сооружение с русловым водоприемником раздельного типа, с затопленным оголовком и самотечными водоводами, исходя из гидрогеологических условий реки. Оголовок принимаем железобетонный раструбный с боковым приемом воды.

Оголовок забирает воду с небольшими входными скоростями, защищая концы самотечных линий. Раструб имеет съемную решетку, аналогичную



решетке во входных окнах водоприемника берегового типа. Самотечная линия расположена по дну реки.

## **2.2 Гидравлические расчеты водозабора**

### **2.2.1 Расчет производительности одной камеры водоприемного колодца**

Расчетный расход воды,  $м^3/с$  при нормальном режиме работы водозабора для одной секции равен:

$$Q_p = \frac{Q_{\text{в}}}{n_c}, \quad (2.1)$$

где  $n_c$  - число секций водозабора.

$$Q_p = \frac{0,340}{2} = 0,17 м^3 / с.$$

$Q_{\text{в}} = Q_{\text{об}}$  - расчетный расход воды водозабора,  $м^3/с$ .

Расчетный расход воды,  $м^3/с$ , в одной секции водозабора для форсированного (аварийного) режима эксплуатации

$$Q_{\phi} = K \cdot \frac{Q_{\text{в}}}{n_c - 1}, \quad (2.2)$$

где  $K$  – коэффициент допустимого временного снижения количества воды, подаваемой потребителям, обычно принимается в пределах  $0,7 \div 1,0$ .

$$Q_{\phi} = 0,7 \cdot \frac{0,340}{2 - 1} = 0,238 м^3 / с.$$

## **2.3 Расчет сороздерживающего оборудования**

### **2.3.1 Расчетные параметры сороздерживающих решеток**

Требуемая площадь ( $m^2$ ) водоприемного отверстия одной секции  $\Omega$  - для нормального и  $\Omega_\phi$  - для форсированного режима работы водозабора определяется по формулам

$$\Omega = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot Q_1}{V}, \quad \dots\dots(2.3)$$

$$\Omega = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot Q_1}{V}, \quad (2.4)$$

где  $K_1$  - коэффициент, учитывающий стеснение воды просветом решетки, он принимается равным  $K_1=1,25$ ;

$K_2$  - расчетный коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями собственной конструкции  $K_2=1,2$ ;

$V$  – скорость воды, втекающей в водоприемные отверстия,  $m/c$

Коэффициент стеснения решетки определяется по формуле:

$$K_2 = \frac{(a + c)}{a}, \quad (2.5)$$

где  $a$  – прозор решетки, принимается (50 – 100 мм);

$c$  – толщина стержней решетки (6 мм).

$$K_2 = \frac{(50 + 10)}{50} = 1,2.$$

Допустимую скорость в прозорах решетки для затопленных водоприемников при средних или тяжелых условиях забора воды, не учитывая требования рыбозащиты принимают равной  $0,3 \div 0,1 m/c$ .

$$\Omega = \frac{1,25 \cdot 1,2 \cdot 0,17}{0,3} = 0,85,$$

$$\Omega_\phi = \frac{1,25 \cdot 1,2 \cdot 0,238}{0,3} = 1,19$$

Принимаем типовую решетку с площадью  $0,8 m^2$ , шириной водоприемных отверстий  $0,8 m$  и длиной  $1 m$ . Ширина рамы решетки  $930 mm$  по наружному обмеру, длина  $1100 mm$ . Общая высота решетки  $1250 mm$ ,

толщина и ширина стержня из полосовой стали 6х50 мм. Высота уголка (швеллера) рамы решетки 80 мм. Масса решетки 52 кг.

### 2.3.2 Расчетные параметры сорозадерживающих сеток

Вода, поступающая из приемного отделения во всасывающее, проходит через сетки, которые могут быть плоские (подъемные) или вращающиеся. Данный водозабор рассчитываем с подъемными сетками. Расчетную (рабочую) площадь сеток,  $m^2$  определяем по формулам 2.3, 2.4.

Коэффициент стеснения отверстия сеткой  $K_2$  определяется по формуле

$$K_2 = \left( \frac{b+d}{b} \right)^2, \quad (2.6)$$

где  $b$  – просвет ячейки,  $b = 2,0 \times 2,0$  мм;

$d$  – диаметр стержня,  $d = 1,2$ ;

$V$  – скорость воды в ячейках плоских сеток принимают равной  $0,2 \div 0,4$  м/с.

$$K_2 = \left( \frac{2+1,2}{2} \right)^2 = 2,56.$$

Требуемая площадь отверстия во всасывающее отделение для нормального и для форсированного режима работы определяется по формулам 2.3, 2.4.

$$\Omega = \frac{1,25 \cdot 2,56 \cdot 0,17}{0,3} = 1,81$$

$$\Omega_{\phi} = \frac{1,25 \cdot 2,56 \cdot 0,238}{0,3} = 2,54$$

Принимаем типовую сетку шириной 1380 мм, высотой 2130 мм. Ширина отверстия решетки 1250 мм, длина 2000 мм. Масса сетки 119 кг.

### 2.4 Расчет самотечных водоводов и трубопроводов НС I

Диаметр сифонных и самотечных водоводов, всасывающих труб определяют по расчетному расходу при нормальном режиме работы водозабора и скорости движения воды в трубах:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}, \quad (2.7)$$

где  $Q$  – расчетный расход одной секции;

$V$  – допустимая расчетная скорость в трубопроводе. Для самотечных и сифонных водоводов  $V_{сам} = 1,2 \text{ м/с}$ ; для всасывающих трубопроводов насосных станций  $V_{вс} = 0,88 \text{ м/с}$  и для напорных  $V_{нап} = 1,7 \text{ м/с}$ .

Диаметр самотечных водоводов:

$$D_{сам} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,34}{3,14 \cdot 1,2}} = 0,6 \text{ м} = 600 \text{ мм}.$$

Количество всасывающих линий на насосных станциях первой и второй категории должно быть не менее двух.

Диаметр всасывающих трубопроводов насосной станции:

$$D_{вс} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,34}{3,14 \cdot 0,88}} = 0,7 \text{ м} = 700 \text{ мм}.$$

Диаметр напорного трубопровода определяется по скорости движения воды и по 100% расчетному расходу при нормальном режиме работы водозабора.

Диаметр напорных трубопроводов насосной станции:

$$D_{нап} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,34}{3,14 \cdot 1,7}} = 0,8 \text{ м} = 800 \text{ мм}.$$

## 2.5 Расчетные параметры русловых колодцев

### 2.5.1 Определение отметок уровней воды и отдельных конструкций в водоприемной камере

Определим отметки расчетных уровней воды в приемном отделении колодца при нормальном режиме

Максимальную отметку воды в камере находим по формуле

$$Z_{\max} = H_{\max} - \Sigma h_n, \quad (2.8)$$

где  $H_{max}$  – максимальный уровень воды в реке;

$\Sigma h_n$  – общие потери напора в водоприемных устройствах, м, которые определяются по формуле

$$\Sigma h_n = \Sigma h_{\text{решетки}} + \Sigma h_{\text{сам.линиях}}, \quad (2.9)$$

где  $\Sigma h_{\text{решетки}}$  – потери напора на решетках (0,05 м);

$\Sigma h_{\text{сам.линиях}}$  – потери напора по длине в самотечных водоводах от входа воды в водовод до выхода в колодец, которые определяются по формуле

$$\Sigma h_{\text{сам.линиях}} = i \cdot l + \Sigma h_m, \quad (2.10)$$

где  $\Sigma h_m$  – местные потери напора;

$i = 0,00264$  – уклон трения в водоводе, который зависит от расхода и диаметра, принимается по таблицам А. Ф. Шевелева.

Местные потери напора  $\Sigma h_m$  вычисляют по формуле

$$\Sigma h_m = \Sigma \zeta_m \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (2.11)$$

где  $\Sigma \zeta_m$  – коэффициент местного сопротивления.

Потери напора на конфузоре  $\zeta_k = 1$  м; на задвижке  $\zeta_z = 0,06$  м; на выходе  $\zeta_e = 1$  м.

$$\Sigma h_m = (1 + 0,06 + 1) \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,15 \text{ м},$$

$$\Sigma h_{\text{сам.линиях}} = (0,00264 \cdot 24) + 0,15 = 0,213 \text{ м},$$

$$\Sigma h_n = 0,05 + 0,213 = 0,263 \text{ м},$$

$$Z_{\max} = 210 - 0,263 = 209,737 \text{ м}.$$

Максимальная отметка камеры:

$$Z_{\max \text{ .кам}} = Z_{\max} + 0,3 + 0,35 = 209,737 + 0,3 + 0,35 = 210,387 \quad (2.12)$$

Минимальная отметка воды в камере:

$$Z_{\min} = H_{\min} - \Sigma h_n \quad (2.13)$$

где  $H_{\min}$  – минимальный уровень воды в реке при расчетной обеспеченности;

$$Z_{\min} = 206 - 0,263 = 205,737$$

Минимальная отметка камеры:

$$Z_{\min.кам} = Z_{\min} - 0,3 - 0,35 = 205,737 - 0,3 - 0,35 = 205,087 \text{ м} \quad (2.14)$$

### 2.5.2 Определение отметок уровней воды и конструкций во всасывающей камере

Во всасывающем отделении колодца отметки уровня воды меньше на величину потерь напора в сетке  $h_{сетки}$ , чем в приемном отделении ( $h_{сетки} = 0,1 \text{ м}$  – при нормальном режиме,  $h_{сетки}^{\phi} = 0,15 \div 0,2 \text{ м}$  – при форсированном).

$$Z_{BC\max} = Z_{\max} - h_{сетки}, \quad (2.15)$$

$$Z_{BC\min} = Z_{\min} - h_{сетки}, \quad (2.16)$$

где  $h_{сетки}$  – потери напора в сетке (0,1 м).

$$Z_{BC\max} = 209,737 - 0,1 = 209,637 \text{ м.}$$

$$Z_{BC\min} = 205,737 - 0,1 = 205,637 \text{ м.}$$

### 2.6 Выбор типа очистки водоводов

Для данного типа водозаборного сооружения я принимаю обратную промывку самотечных линий импульсным способом путем подачи в них сжатого воздуха из напорной колонны. Для этого подбираем вакуум-насос марки ВВН1-0.75. Данный насос не требует очистки поступающих в них газов, также допускается попадание в насос жидкостей вместе с отсасываемым газом.

Проточная часть вакуум насоса марки ВВН1-0.75 состоит из чугуна, уплотнение вала сальниковое. Масса насоса 82 кг, размеры 815х332х315 мм, мощность 2,2 кВт, напор 0,006 МПа и подача 750 л/мин.

На решетках и сетках устанавливаем электронагреватели для защиты от намерзания, температура не менее +8°C;

Тепловой контур предусматривается для здания, где присутствует рабочий персонал, температура нагрева воздуха +5°C.

### **3. Расчет и проектирование насосных станций**

#### **3.1 Насосная станция I подъема**

Насосные станции систем водоснабжения обеспечивают подачу воды в соответствии с нуждами потребителя. Их состав сооружений, конструктивные особенности, тип и количество оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования водных ресурсов и природы с учетом назначения насосной станции и предъявляемых к ней технологических требований.

Насосная станция 1-го подъема в данном случае запроектирована отдельно стоящей и забирает воду из всасывающей камеры водоприемного колодца и подает её на водоочистные сооружения.

##### **3.1.1 Определение требуемого напора насосов станции I-го подъема**

При подаче воды на очистные сооружения требуемый напор насосов НС-I определяется по формуле

$$H = H_{\Gamma} + h_{w\phi.c.l} + h_{wH.l} + 1 \quad (3.1)$$

где  $H_{\Gamma}$  – геометрическая высота подъема воды (разность отметок уровней воды в смесителе очистных сооружений и во всасывающей камере), м;

$h_{w\phi.c.l}$  – потери напора во всасывающем трубопроводе, м ;

$h_{wH.l}$  – потери напора в водоводе и в напорных коммуникациях от насосной станции до очистных сооружений (2,0 м);

1 – запас напора на излив воды из трубопроводов, м.

Потери напора во всасывающем трубопроводе определяются по формуле

$$h_{w\phi.c.l} = i \cdot l, \quad (3.2)$$

$$h_{w\phi.c.l} = 0,00133 \cdot 11,7 = 0,0156 \text{ м.}$$

Разность воды в напорном баке очистных сооружений при его полном затоплении и самого низкого уровня воды во всасывающей камере берегового колодца характеризуется геометрической высотой подъема и определяется по формуле

$$H_{\Gamma} = z_{o.c.} - z_{вс.к.}, \quad (3.3)$$

где  $z_{o.c.}$  – отметка уровня воды в напорном баке, м;

$z_{вс.к.}$  – отметка самого низкого уровня воды во всасывающей камере берегового колодца, м.

$$H_{\Gamma} = 219,6 - 205,637 = 13,96 \text{ м.}$$

Требуемый напор составляет:

$$H = 13,96 + 0,0156 + 2 + 1 = 16,98 \text{ м.}$$

### 3.1.2 Подбор насосов

Принимаю центробежный насос консольный с общепромышленным электродвигателем марки ЦНК 125/200, серии «Иртыш» (1 рабочий и 2 резервных)

Данный насос предназначен для перекачивания чистых, маловязких и химически неагрессивных жидкостей, которые не должны содержать твердых включений или волокон. Насосный агрегат состоит из насоса и двигателя, они смонтированы на общей фундаментальной плите. Через муфту осуществляется привод насоса. Спиральный корпус насоса имеет лапы, которые прикрепляют насос к фундаментной плите.

Характеристики насоса приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Технические характеристики насоса ЦНК 125/200, серии «Иртыш»

Наименование	Значение
Расчетный расход	556 м <sup>3</sup> /ч
Общий гидростатический напор насоса	17 м
Диаметр рабочего колеса	184 мм
Номинальная мощность электродвигателя	55 кВт
Масса	468 кг

### 3.1.3 Определение отметки оси насоса

Из условия откачки воды из всасывающей камеры водоприемного колодца до дна резервуара определяется отметка оси насоса, не превышающая значения  $Z_n$ , определяемого по формуле

$$Z_n < Z_d + H_s, \quad (3.4)$$



где  $H_S$  – максимальная высота всасывания насоса, м.

$$Z_n < 205,637 + 6,86 = 212,5 \text{ м}$$

$$H_S = 10 - \Delta h_{\text{дон}} - h_{\text{насп}} - h_{\text{в.вс}}, \quad (3.5)$$

где  $\Delta h_{\text{дон}}$  - допустимая высота всасывания, которая принимается по характеристике насоса на соответствующую подачу.

$h_{\text{насп}}$  - напор, соответствующий давлению насыщенных паров (0,12 м);

$h_{\text{в.вс}}$  - потери во всасывающей линии.

$$H_S = 10 - 3 - 0,12 - 0,0156 = 6,86 \text{ м.}$$

Отметка фундамента под насос находим по формуле

$$Z_{\Phi} = Z_H - a, \quad (3.6)$$

где  $a$  – расстояние оси насоса до подошвы лап.

$$Z_{\Phi} = 212,5 - 0,39 = 212,11 \text{ м.}$$

Отметка пола машинного зала насосов:

$$Z_{\text{пол}} = Z_{\Phi} - h_{\Phi}, \quad (3.7)$$

где  $h_{\Phi}$  – возвышение фундамента над полом, не менее 0,2 м.

$$Z_{\text{пол}} = 212,11 - 0,2 = 211,9 \text{ м.}$$

### 3.1.4 Основное и вспомогательное оборудование водозаборов

В качестве основного оборудования применяются сороудерживающие решетки, сетки, центробежные насосы марки ЦНК 125/200, серии «Иртыш», затворы, задвижки на водоводах.

В качестве вспомогательного оборудования используются дренажные насосы, электрооборудование, грузоподъемное оборудование.

### 3.2 Насосная станция II подъема

Насосами этой станции очищенная вода подается из резервуаров чистой воды (РЧВ) к потребителю. Подачу насосной станции II подъема определяют в зависимости от режима водопотребления населенного пункта.

#### 3.2.1 Определение уровней воды в РЧВ

Принимаем прямоугольные железобетонные резервуары для хранения рассчитанного объема воды. Полный объем РЧВ составляет  $W_p = 3374 \text{ м}^3$ .

В зависимости от величины аккумулированного объема принимается число резервуаров  $N_p$  (не менее двух). Принимаю 2 РЧВ, объемом  $W_p = 2000 \text{ м}^3$  каждый. Один резервуар имеет длину  $L = 24 \text{ м}$ , ширину  $B = 18 \text{ м}$  и высоту  $H = 4,8 \text{ м}$ .

Заглубление резервуара задается из условия минимальной выемки грунта котлована под сооружение, которое равно половине высоты резервуара.

Отметка дна резервуара определяется по формуле

$$Z_d = Z - H / 2, \quad (3.8)$$

где  $Z$  – отметка земли у резервуара,  $Z = 214,6 \text{ м}$ ;  
 $H$  – высота резервуара,  $H = 4,8 \text{ м}$ .

$$Z_d = 214,6 - (4,8 / 2) = 212,2, \text{ м}.$$

Максимальная высота слоя воды в резервуаре и слоя противопожарного запаса воды определяется по формулам

$$h_{\max} = W / N \cdot F_p, \quad (3.9)$$

$$h_{\Pi} = W_{\Pi} / N \cdot F_p, \quad (3.10)$$

где  $W_n$  – неприкосновенный противопожарный объем,  $\text{м}^3$ ;  
 $W$  – полный объем РЧВ,  $\text{м}^3$ ;  
 $N$  – количество резервуаров;  
 $F_p$  – площадь одного РЧВ.  $\text{м}^2$ .

$$h_{\max} = 3374 / 2 \cdot 432 = 3,9 \text{ м},$$

$$h_{\Pi} = 1188 / 2 \cdot 432 = 1,4 \text{ м}.$$

Определяем отметку слоя пожарного запаса воды в резервуаре по формуле

$$Z_{II} = Z_{Д} + h_{II}, \quad (3.11)$$

$$Z_{II} = 212,2 + 1,4 = 213,6 \text{ м.}$$

Максимальный уровень воды в резервуаре определяется по формуле

$$Z_{p.\max} = Z_{Д} + h_{\max}, \quad (3.12)$$

$$Z_{p.\max} = 212,2 + 3,9 = 216,1 \text{ м.}$$

Найденные отметки представлены на рисунке 3.3.

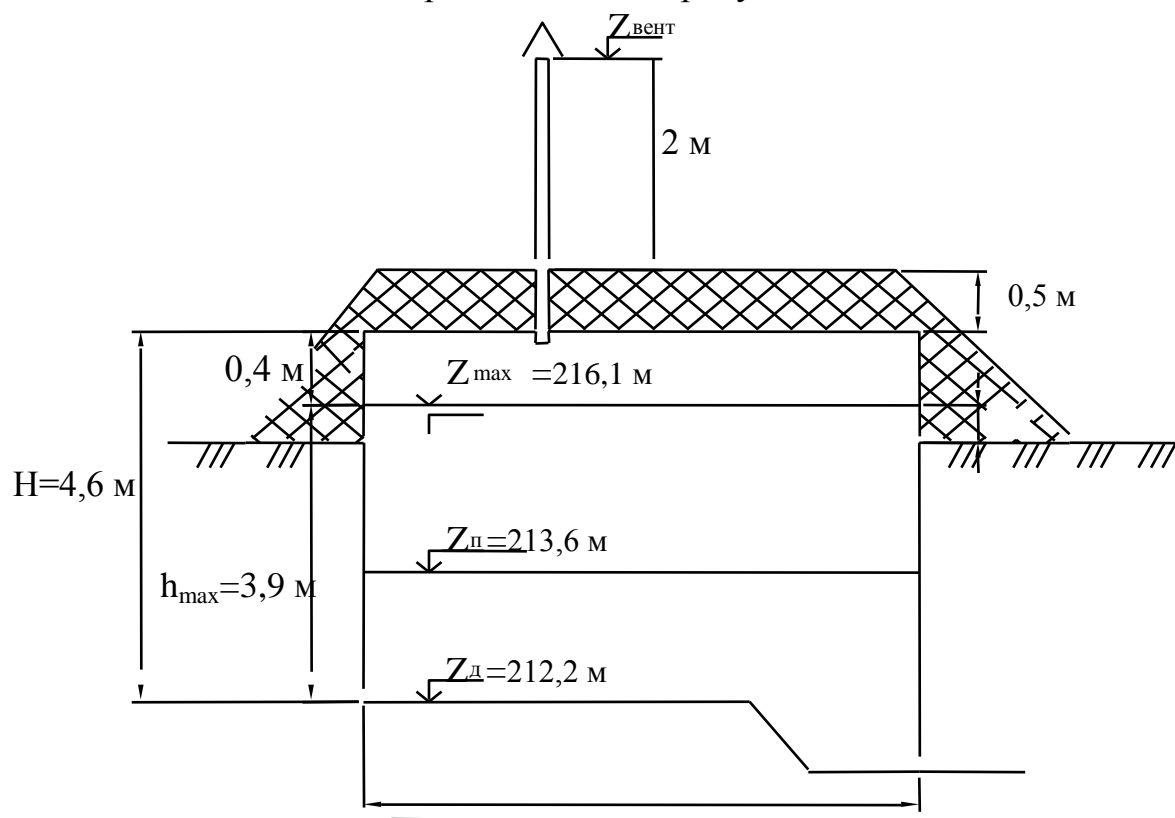


Рисунок 3.3 – Схема РЧВ

### 3.2.2 Расчет диаметров всасывающих и напорных трубопроводов

При проектировании насосных станций принимаем две всасывающие линии.

Диаметр трубопровода зависит от скорости движения воды в нем , а также от расчетного секундного расхода в одном резервуаре и определяется по формуле

$$D_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{3,14 \cdot v_m}}. \quad (3.13)$$

где  $Q_p$  – расход воды на одной линии,

$v_m$  – скорость воды в трубопроводе (для всасывающего трубопровода 1-1,8 м/с, самотечного 0,7-1,5 м/с, напорного 1,5-2,5 м/с).

Для всасывающего трубопровода:

$$D_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,31/2)}{3,14 \cdot 1,6}} = 0,35 \text{ м} = 350 \text{ мм}.$$

Для самотечного трубопровода:

$$D_{\text{сам}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,31/2)}{3,14 \cdot 1,4}} = 0,38 \text{ м} = 400 \text{ мм}.$$

Для напорного трубопровода:

$$D_{\text{нап}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,31/2)}{3,14 \cdot 2,2}} = 0,3 \text{ м} = 300 \text{ мм}.$$

### 3.2.3 Определение требуемого напора насосов

Высота подъема насосов определяется по формуле

$$H_n = H_{\Gamma} + h_{\text{вс.л.}} + h_{\text{н.л.}}, \quad (3.14)$$

где  $h_{\text{вс.л.}}$  – потери напора во всасывающем трубопроводе, м;

$h_{\text{н.л.}}$  – потери напора в напорных коммуникациях и в водоводе от НС.

$$h_{\text{вс.л.}} = S_{\text{о.вс}} \cdot L_{\text{в}} \cdot Q_{\text{вс}}^2 + h_{\text{к.вс}}, \text{ м} \quad (3.15)$$

где  $S_{\text{о.вс}}$  – удельное сопротивление труб, принимается по таблицам Ф.А.Шевелева;

$L_{вс}$  – длина всасывающего трубопровода, м, его значение принимается по генплану;

$Q_{вс}$  – расчетные расходы всасывающих линий, м<sup>3</sup>/с;

$h_{к.вс}$  – потери напора в коммуникациях внутри насосной станции, на всасывающей линии, принимаются равными  $h_{к.вс} = 1,5$  м.

$$h_{w.в.вс.} = 0,2948 \cdot 10^{-8} \cdot 800 \cdot 0,31^2 + 1,5 = 1,5 \text{ м},$$

$$h_{w.н.л.} = h_{w.y} + h_{к.н} \quad (3.16)$$

где  $h_{к.н}$  – потери напора в коммуникациях внутри насосной станции, на напорной линии, принимаются равными  $h_{к.н} = 2,0$  м;

$h_{w.y}$  – потери напора на участках до диктующей точки, м

$$h_{w.y} = 4,41 + 2,78 + 5,73 = 9,92 \text{ м}, \quad (3.17)$$

$$h_{w.н.л.} = 9,92 + 2 = 11,92 \text{ м}.$$

Геометрическая высота подъема воды, м, определяется по формуле

$$H_{\Gamma} = H_Z \quad (3.18)$$

где  $H_Z$  – разность отметок поверхности земли у диктующей точки  $Z_{д.т.}$  и расчетного уровня в РЧВ (пожарного)  $Z_{ПРЧВ}$ :

$$H_z = Z_{д.т.} - Z_{П}, \quad (3.19)$$

$$H_z = 224 - 213,6 = 10,4 \text{ м},$$

$$H_H = 9,1 + 2,6 + 22,63 = 34,3 \text{ м}.$$

Полная высота подъема насосов определяется по формуле

$$H_n = H_{н} + H_{св}, \quad (3.20)$$

где  $H_{св}$  – требуемый свободный напор над поверхностью земли в диктующей точке, определяется по формуле

$$H_{CB} = 4 \cdot (n - 1) + 10 \quad (3.21)$$

где  $n$  – количество этажей.

$$H_{CB} = 4 \cdot (5 - 1) + 10 = 26, \text{ м.}$$

Полная высота подъема насосов:

$$H_n = 10,4 + 26 + 11,92 + 1,5 = 49,82 \text{ м}$$

### 3.2.4 Подбор насосов

Насосы в насосной станции II подъема работают в параллельном режиме подачи воды в водовод, совместно, т.е. несколько насосов подают воду в одну систему. Подбор марки насосов производится по требуемой подаче  $Q_H = 553 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напору  $H_n = 49,82 \text{ м}$ .

Принимаю центробежный насос консольный с общепромышленным электродвигателем марки ЦНК 125/200, серии «Иртыш» (2 рабочих и 2 резервных)

Характеристики насоса приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Технические характеристики насоса ЦНК 125/200 серии «Иртыш»

Наименование	Значение
Расчетный расход	553 м <sup>3</sup> /ч
Общий гидростатический напор насоса	49,82 м
Диаметр рабочего колеса	224 мм
Номинальная мощность электродвигателя	55 кВт
Масса	468 кг

### 3.2.5 Определение отметки оси насоса

Отметка оси насосов определяется из условия откачки воды из всасывающей камеры водоприемного колодца до дна резервуара и должна быть не более величины  $Z_n$ , определяемой по формуле

$$Z_n < Z_D + H_S, \quad (3.22)$$

где  $H_S$  – максимальная высота всасывания насоса, м.

$$Z_n < 212,2 + 5,38 = 217,58 \text{ м.}$$

$$H_S = 10 - \Delta h_{\text{дон}} - h_{\text{насн}} - h_{\text{w.вс}}, \quad (3.23)$$

где  $\Delta h_{\text{дон}}$  - допустимая высота всасывания,

$h_{\text{насн}}$  - напор, соответствующий давлению насыщенных паров (0,12 м);

$h_{\text{w.вс}}$  - потери во всасывающей линии.

$$H_S = 10 - 3 - 0,12 - 1,5 = 5,38 \text{ м.}$$

Для повышения надежности и для упрощения запуска насосных агрегатов корпус насоса располагаем под заливом от расчетного уровня пожарного запаса  $Z_n$  в РЧВ. В таком случае отметка оси насоса не должна превышать величины:

$$Z_H < Z_{II} - (B + 0,2), \quad (3.24)$$

где  $B$  – расстояние от верха корпуса насоса до его оси, принимается в соответствии с габаритными размерами.

$$Z_H < 213,6 - (0,315 + 0,2) = 213,08 \text{ м.}$$

Отметка пола машинного зала насосов:

$$Z_\Phi = Z_H - a, \quad (3.25)$$

где  $a$  – расстояние оси насоса до подошвы лап.

$$Z_\Phi = 213,08 - 0,39 = 212,7 \text{ м}$$

Отметка пола машинного зала насосов:

$$Z_{\text{пол}} = Z_\Phi - h_\Phi = 212,7 - 0,2 = 212,5 \text{ м} \quad (3.26)$$

где  $h_\Phi$  – возвышение фундамента над полом, (не менее 2 м).

## 4. Расчет и проектирование сооружений станции водоподготовки

### 4.1 Очистные сооружения

#### 4.1.1. Определение производительности водопроводных очистных сооружений

Выбор технологической схемы очистных сооружений зависит от качества воды источника водоснабжения, а также от требований к качеству очищенной воды, производительности, технико-экономических показателей.

Определение производительности очистных сооружений определяется по формуле

$$Q_{oc} = \alpha \cdot Q_{cym}^{max} + Q_{don}, \quad (4.1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды станции,  $\alpha=1,06$

$Q_{don}$  – расход воды, необходимый для восполнения противопожарного запаса воды,  $м^3/сут$ , определяется по формуле

$$Q_{don} = 3,6 \cdot t \cdot (m \cdot q + m' \cdot q'), \quad (4.2)$$

где  $t$  – продолжительность тушения одного пожара,  $t=3$  ч;

$m$  – количество пожаров в населенном пункте,  $m=2$ ;

$m'$  – количество пожаров на промышленном предприятии,  $m'=1$ ;

$q$  – расход воды на один пожар в населенном пункте,  $q=25$ ;

$q'$  – расход воды на один пожар на промышленном предприятии,  $q'=35$ .

$$Q_{don} = 3,6 \cdot 3 \cdot (2 \cdot 35 + 1 \cdot 40) = 1188 \text{ } м^3/сут,$$

$$Q_{oc} = 1,05 \cdot 26562,3 + 1188 = 26702,1 \text{ } м^3/сут.$$

Полученные в результате расчетов расходы сводим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Производительность водопроводных очистных сооружений

$Q_{cym}, м^3/сут$	$Q_{час}, м^3/ч$	$Q_{сек}, м^3/с$
26702,1	1112,59	0,309



#### 4.1.2 Выбор технологической схемы водоподготовки

В зависимости от качества воды в источнике, требований к качеству питьевой воды по СанПиН 2.1.4.1074–01, от производительности сооружений, определяем состав сооружений по очистке природной воды в соответствии с рекомендациями СП 31.13330.2012 (табл 10).

Для получения наиболее высокого качества воды предусматриваем многоступенчатую систему подготовки, которая состоит из следующих стадий: Микрофильтрация → предварительное обеззараживание гипохлоритом натрия для удаления органических загрязнений, бактерий и микроорганизмов → обработка коагулянтами и флокулянтами для агрегации тонкодисперсных и коллоидных взвешенных веществ и снижения электрокинетических сил отталкивания → реагентное осветление и фильтрование в контактных осветлителях → окончательное обеззараживание воды → РЧВ.

Качество воды в источнике и предельно допустимые концентрации представлены в таблице 4.2

Таблица 4.2– Качество воды в источнике

Наименование природных примесей	Показатели качества исходной воды	Нормативы (ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01
Мутность, мг/л	67	1,5
Цветность, град.	40	20
Щелочность, мг-экв/л	1,2	6,5
Железо общее, мг/л	0,49	0,3
Хлориды, мг/л	4,6	350
Сульфаты, мг/л	17,3	500
Медь, мг/л	0,005	1,0
Алюминий, мг/л	0,031	0,2
Фосфаты, мг/л	0,008	3,5
Марганец, мг/л	0,02	0,1
Нефтепродукты, мг/л	0,35	0,1
Цинк, мг/л	0,02	5
Минерализация, мг/л	223,8	1000
Азот нитритный, мг/л	0,002	3,3
Азот нитратный, мг/л	0,05	0,17
Азот аммонийный, мг/л	0,17	1,5
БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	4,5	3
Фенолы летучие	0,002	0,001
СПАВ, мг/л	0,02	0,5

## 4.2 Расчет технологических параметров сооружений станции водоочистки для хозяйственно-питьевых целей

Доза коагулянта бриллиант-50, мг/л, применяется для обесцвечивания воды и определяется по формуле

$$D_K = 4\sqrt{Ц} \text{ мг / л}, \quad (4.3)$$

где  $Ц$  – цветность воды,  $40^\circ$ .

$$D_K = 4\sqrt{40} = 25 \text{ мг / л}.$$

Доза щелочности определяется по формуле

$$D_{щ} = K \cdot \left( \frac{D_K}{e} - Щ + 1 \right) \quad (4.4)$$

где  $K$  – коэффициент, определяется природой щелочного реагента (для извести 28);

$D_K$  – доза коагулянта;

$e$  – эквивалентный вес безводного коагулянта, мг/мг.эquiv, принимаемый для коагулянта на основе алюминия равным 57;

$Щ$  – щелочность воды 1,2.

$$D_{щ} = 28 \cdot \left( \frac{25}{57} - 1,2 + 1 \right) = 6,58 \text{ мг / л}.$$

$D_{щ}$  положительная, производится подщелачивание воды.

На выходе из смесителя в воду добавляют флокулянт для интенсификации процесса коагуляции.

При обработке воды коагулянтами добавляются флокулянты катионного характера с высокой степенью ионного заряда и средней молекулярной массой. Применяем флокулянт К6651.

Доза флокулянта, вводимая перед контактными осветлителями 0,1 мг/л.

### 4.2.2 Сетчатые барабанные микрофильтры

Сетчатые барабанные микрофильтры применяются для задержания взвешенных примесей и планктона.

Принимаем микрофильтр БС 1,5х3, с производительностью 30000 м<sup>3</sup>/сут.

Диаметр барабана  $D=1550$  мм, длина  $L=3370$  мм. Длина камеры  $L=4196$  мм, ширина  $B=2660$  мм. Расстояние от оси до дна  $l=1000$  мм. Микрофильтр имеет 54 фильтрующих элемента. Мощность электродвигателя 1,7 кВт. Масса 2050 кг.

Трубы, подводящие воду на барабанные сетки со скоростью движения воды  $V = 1,1$  м/с имеют диаметр  $D = 600$  мм.

Производительность насоса  $Q_{нас}$ , м<sup>3</sup>/ч, рассчитываем на подачу максимального расхода, который равен трем процентам от производительности микрофильтров

$$Q_{нас} = 0,03 \cdot 1112,59 = 33,75, \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (4.5)$$

Напор насоса определяется в зависимости от необходимости создания свободного напора в трубопроводе у разбрызгивателей 10 – 15 м.вод.ст. и потерь напора в промывном устройстве и трубопроводе.

Диаметр промывной трубы принимаем из расчета расхода промывной воды  $33,75 \text{ м}^3/\text{ч} = 9,38 \text{ л/с}$  и скорости движения воды не больше 1,5 м/с. Исходя из этого принимаем стальные трубы диаметром  $d = 100$  мм, скорость  $V = 1,19$  м/с. После барабанных сеток вода поступает в смеситель.

#### 4.2.3 Оборудование для приготовления растворов реагентов

В комплекс станций водоподготовки входят установки для приготовления и хранения растворов реагентов. К этим установкам относятся растворные и расходные баки.

Перемешивание реагентов с водой в растворных баках происходит путем барботаж или механическими мешалками.

Производительность мешалки для приготовления раствора ВПК 402, кг/ч:

$$q_m = \frac{Q_{ос} \cdot D_f}{24 \cdot 1000}, \quad (4.6)$$

где  $Q_{ос}$  – производительность очистной станции,

$D_f$  – доза флокулянта, 0,1 мг/л.

$$q_m = \frac{23934,1 \cdot 0,1}{24 \cdot 1000} = 0,099, \text{ кг} / \text{ч}.$$

#### 4.2.4 Растворение коагулянта сжатым воздухом

Емкость растворного бака:

$$W_p = \frac{Q_{\text{час}} \cdot n \cdot D_k}{1000 \cdot B_p \cdot \gamma}, \quad (4.7)$$

где  $Q_{\text{час}}$  - часовой расход,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$n$  - количество часов, на которое заготавливается раствор коагулянта;

$B_p$  - концентрация раствора коагулянта в растворном баке, 10-17%;

$\gamma$  - объемный вес коагулянта,  $1 \text{ т}/\text{м}^3$ .

$$W_p = \frac{1112,59 \cdot 12 \cdot 35}{10000 \cdot 10 \cdot 1} = 3,34, \text{ м}^3.$$

Емкость расходного бака определяется по формуле

$$W = \frac{W_p \cdot B_p}{B}, \quad (4.8)$$

где  $B$  - концентрация раствора коагулянта в расходном баке, принимается равным 4-10%

$$W = \frac{3,34 \cdot 10}{5} = 6,68 \text{ м}^3.$$

Определим площадь баков по формуле

$$F = \frac{W}{1,2}, \quad (4.9)$$

где  $W$  – емкость бака, по формулам (4.7, 4.8)

Площадь растворного бака:

$$F_1 = \frac{3,34}{1,2} = 2,78 \text{ м}^2,$$

Площадь расходного бака:

$$F_2 = \frac{6,68}{1,2} = 5,57 \text{ м}^2.$$

Принимаем: 2 растворных бака емкостью по  $3,34 \text{ м}^3$  каждый. Высота бака  $1,2 \text{ м}$ , длина и ширина  $1,7 \text{ м}$ . 4 расходных бака объемом  $6,7 \text{ м}^3$  каждый, высотой  $1,2 \text{ м}$  длиной и шириной  $2,4 \text{ м}$ .

#### 4.2.5 Воздуходувки и воздухопроводы

Общий расход воздуха определяется по формуле

$$Q_{\text{с}} = F_1 \cdot \omega_1 + F_2 \cdot \omega_2, \quad (4.10)$$

где  $F_1, F_2$  - площади растворных и расходных баков.

$\omega_1, \omega_2$  - интенсивность подачи воздуха в растворный и расходный баки,  $\omega_1 = 8-10 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ ,  $\omega_2 = 3-5 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ .

$$Q_{\text{с}} = 2,89 \cdot 9 + 5,76 \cdot 4 = 35,77 \text{ л/с} = 2,15 \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

Подбираем воздуходувку по рассчитаному расходу воздуха.

Марка воздуходувки ВК – 3, подача  $3,1 \text{ м}^3/\text{мин}$ , длина  $1225 \text{ мм}$ , ширина  $527 \text{ мм}$ , высота  $990 \text{ мм}$ , мощность электродвигателя  $7,5 \text{ кВт}$ , принимаем одну рабочую и одну резервную.

Скорость движения воздуха в трубопроводе определяем по формуле

$$V = \frac{W}{60 \cdot (p + 1) \cdot 0,785 \cdot d^2}, \quad (4.11)$$

где  $W$  - производительность воздуходувки,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;

$p$  - давление в трубопроводе,  $1,5 \text{ кг/см}^2$ ;

$d$  - диаметр трубопровода,  $30-80 \text{ мм}$ .

$$V = \frac{3,1}{60 \cdot (1,5 + 1) \cdot 0,785 \cdot 0,08^2} = 4,11 \text{ м/с},$$

$$V = 4,11 \text{ м/с} < 15 \text{ м/с}.$$

Вес воздуха, проходящего через трубопровод определяется по формуле

$$G = W \cdot 60 \cdot \gamma \quad (4.12)$$

где  $W$  - производительность воздуходувки,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;

$\gamma$  - удельный вес сухого воздуха, принимаем 1,9.

$$G = 3,1 \cdot 60 \cdot 1,9 = 353,4 \text{ кг/ч.}$$

Потери давления воздуха определяются по формуле

$$P_1 = \frac{12,5 \cdot \beta \cdot G^2 \cdot l}{\gamma \cdot d^5} \quad (4.13)$$

где  $\beta$  - коэффициент сопротивления;

$l$  - длина воздухопровода, м;

$d$  - диаметр труб, м.

$$P_1 = \frac{12,5 \cdot 1,2 \cdot 353,4^2 \cdot 20}{1,9 \cdot 80^5} = 0,006 \text{ кгс/см}^2 = 0,006 \text{ ат.}$$

Потери напора в фасонных частях определяются по формуле

$$P_2 = 0,063 \cdot V^2 \cdot \Sigma \zeta, \quad (4.14)$$

где  $V$  - скорость движения воздуха в трубопроводе;

$\Sigma \zeta$  - сумма коэффициентов местного сопротивления, которые находят по формуле

$$\Sigma \zeta = 1,5 \cdot n, \quad (4.15)$$

где  $n$  - число колен, равное числу растворных и расходных баков.

$$\Sigma \zeta = 1,5 \cdot 6 = 9,$$

$$P_2 = 0,063 \cdot 4,11^2 \cdot 9 = 9,58 \text{ мм.вод.ст} = 0,000958 \text{ ат.}$$

Суммарные потери напора

$$\Sigma P = P_1 + P_2 \quad (4.16)$$

$$\Sigma P = 0,0056 + 0,00092 = 0,00652 \text{ ат.}$$

#### 4.2.6 Суженный участок для ввода реагента

Диаметр участка находим по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot V}} \quad (4.17)$$

где  $q$  - расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$V$  – скорость движения воды, в подводящем водоводе  $V_1=1-1,2 \text{ м/с}$ , в суженном участке  $V_2=2,2-3 \text{ м/с}$ .

Диаметр одного подводящего водовода

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,309}{3,14 \cdot 1,1}} = 0,6 \text{ м} = 600 \text{ мм}.$$

Диаметр суженного участка

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,309}{3,14 \cdot 2,5}} = 0,4 \text{ м} = 400 \text{ мм}.$$

Динамическое давление воды находим по формуле

$$h_{\text{дин}} = \frac{V^2}{2 \cdot g}, \quad (4.19)$$

где  $V$  – то же, что и в формуле (4.18).

В подводящем водоводе

$$h_{\text{дин1}} = \frac{1,1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,062, \text{ м},$$

В суженном участке

$$h_{\text{дин2}} = \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,318, \text{ м}.$$

Потери напора в суженном участке

$$h_c = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot g}, \quad (4.20)$$

$$h_c = \frac{2,5^2 - 1,1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,256, \text{ м.}$$

Площадь поперечного сечения определяется по формуле

$$f_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.21)$$

Для подводящего водовода

$$f_1 = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} = 0,283 \text{ м}^2.$$

Для суженного участка

$$f_1 = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,126 \text{ м}^2. \quad (4.22)$$

Отношение площадей сечений

$$m_1 = \frac{f_1}{f_2}, \quad (4.23)$$

$$m_1 = \frac{0,283}{0,126} = 2,24.$$

Разность отметок уровней воды в пьезометрах

$$\sqrt{h} = \frac{q_c \cdot \sqrt{m_1^2 - 1}}{\mu \cdot f_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g}}, \quad (4.24)$$

где  $\mu = 0,98$  - коэффициент расхода.



$$\sqrt{h} = \frac{0,309 \cdot \sqrt{2,24^2 - 1}}{0,98 \cdot 0,283 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} = 0,5 \text{ м.}$$

#### 4.2.7 Приготовление известкового молока

Приготовление известкового молока и выбор технологической схемы известкового хозяйства зависят как от вида и качества товарного продукта, так и от расхода извести, места ее ввода и т.д.

Емкость бака для приготовления известкового молока определяется по формуле

$$W_u = \frac{Q_{\text{час}} \cdot n \cdot D_u}{10000 \cdot B_u \cdot \gamma_u}, \quad (4.25)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – расчетный расход воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$n$  – время, в течение которого изготавливают известковое молоко, 6-12 ч;

$D_u$  – доза извести;

$B_u$  – концентрация известкового молока, 5%;

$\gamma$  – объемный вес известкового молока,  $1 \text{ т}/\text{м}^3$ .

$$W_u = \frac{1112,59 \cdot 8 \cdot 6,68}{10000 \cdot 5 \cdot 1} = \frac{59456,8}{50000} = 1,2 \text{ м}^3$$

Принимаем один бак прямоугольной в плане формы с размерами: ширина  $b = 1,1$  м, длина  $l = 1,1$  м и высота 1 м.

#### 4.2.8 Склады реагентов

Устройство склада необходимо для хранения коагулянтов, рассчитанного на 15-30 суточную наибольшую потребность в реагентах.

Склады расположены у помещения, где установлены баки для приготовления раствора коагулянта.

Площадь склада коагулянтов

$$F_{\text{СКЛ}}^K = \frac{Q_{\text{ОС}} \cdot D_K \cdot T \cdot \alpha}{P_C^K \cdot 10000 \cdot h_K \cdot G_0^K}, \quad (4.26)$$

где  $D_K$  – доза коагулянта;

$T$  – продолжительность хранения коагулянта на складе, 1,5 сут;

$\alpha$  - коэффициент учета дополнительной площадки проходов, 1,15;  
 $P_c^K$  - содержание безводного продукта в коагулянте, 33,5%;  
 $h_K$  - высота слоя коагулянта, 2 м;  
 $G_0^K$  - объемный вес коагулянта при загрузке склада навалом, 1,1 т/м<sup>3</sup>.

$$F_{СКЛ}^K = \frac{26702,1 \cdot 25 \cdot 15 \cdot 1,15}{33,5 \cdot 10000 \cdot 2 \cdot 1,1} = 15,6 \text{ м}^2$$

Площадь склада извести

$$F_{СКЛ}^И = \frac{Q_{ОС} \cdot D_{И} \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot P_c^И \cdot h_c^И \cdot G_0^И}, \quad (4.27)$$

где  $G_0^И$  - содержание безводного продукта в извести, 1 т/м<sup>3</sup>;  
 $P_c^И$  - объемный вес извести при загрузке склада навалом, 50%;  
 $h_c^И$  - допустимая высота слоя извести на складе, 1,5 м.

$$F_{СКЛ}^И = \frac{26702,1 \cdot 6,68 \cdot 15 \cdot 1,15}{10000 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 1} = 5,35 \text{ м}^2$$

#### 4.2.9 Дозирование растворов реагентов

В качестве дозатора реагентов применяем шайбовый дозатор, который относится к напорным дозаторам пропорциональной дозы и приспособлен для дозирования легкорастворимых реагентов. При расчете шайбового дозатора определяем его емкость и диаметр на трубопроводе исходной воды.

Емкость шайбового дозатора находим по формуле

$$W = \frac{0,1 \cdot n \cdot Q_{час} \cdot D_K}{\beta \cdot \gamma}, \quad (4.28)$$

где  $n$  - число часов непрерывной работы дозатора;  
 $\beta$  - концентрация раствора реагента, %;  
 $\gamma$  - объемный вес раствора реагента, т/м<sup>3</sup>.  
 $Q_{ч}$  - часовой расход, 1112,59 м<sup>3</sup>/ч,  
 $D_K$  - доза коагулянта, 25 мг/л.

$$W = \frac{0,1 \cdot 6 \cdot 1112,59 \cdot 25}{5 \cdot 1,06 \cdot 1000} = 3,15 \text{ м}^3.$$

Максимальная высота слоя реагента в дозаторе

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W}{\pi}}, \quad (4.29)$$

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 3,15}{3,14}} = 2,52 \text{ м.}$$

Диаметр цилиндрического корпуса дозатора

$$d = \frac{H_1}{2}, \quad (4.30)$$

$$d = \frac{2,52}{2} = 1,26 \text{ м.}$$

Перепад давлений, создаваемый дроссельной шайбой находим по формуле

$$\Delta h = (\gamma - 1) \cdot \left( H + \frac{100 \cdot H_1}{k} \right) + 3 \cdot \Sigma h \cdot \zeta, \quad (4.31)$$

где  $H$  - высота подачи раствора из дозатора в трубопровод исходной воды, м;

$k$  - точность дозировки, %;

$\Sigma h \cdot \zeta$  - гидравлическое сопротивление, м вод. ст.

$$\Delta h = (1,06 - 1) \cdot \left( 5,5 + \frac{100 \cdot 2,52}{10} \right) + 3 \cdot 0,15 = 2,292 \text{ м. вод. ст.}$$

Диаметр шайбы

$$d_{ш} = 4,27 \cdot \sqrt{\frac{Q_{час}}{\alpha \cdot \sqrt{\Delta h}}}, \quad (4.32)$$

$$d_{ш} = 4,27 \cdot \sqrt{\frac{1112,59}{0,6 \cdot \sqrt{2,292}}} = 150 \text{ мм.}$$

При расходе воды 309,05 л/с и скорости движения 1,4 м/с, диаметр трубы будет равняться 550 мм, тогда отношение диаметра шайбы и трубопровода

$$m = \left(\frac{d_{ш}}{D}\right)^2, \quad (4.33)$$

$$m = \left(\frac{150}{550}\right)^2 = 0,074 \text{ мм.}$$

#### 4.2.10 Вертикальный (вихревой) смеситель

Смесители предназначены для равномерного распределения реагентов в обрабатываемой воде – в результате происходит благоприятное протекание реакций хлопьеобразования. Вертикальный смеситель применяется на станциях водоочистки средней и большой производительности.

Проектируем один вертикальный смеситель квадратного сечения в плане, с нижней частью пирамидальной формы.

Площадь горизонтального сечения смесителя в верхней части определяется по формуле

$$f_{\text{с}} = \frac{Q_{\text{час}}}{V_B}, \quad (4.34)$$

где  $V_B$  - скорость восходящего движения воды, 90-100 м/ч.

$$f_{\text{с}} = \frac{1112,59}{100} = 11,13 \text{ м}^2.$$

Верхнюю часть принимаем квадратной в плане со стороной

$$B_B = \sqrt{f_B}, \quad (4.35)$$

$$B_B = \sqrt{11,13} = 3,34 \text{ м.}$$

Диаметр подводящего трубопровода

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot V_{\Pi}}}, \quad (4.36)$$

где  $V_{\Pi}$  - скорость в подводящем трубопроводе, 1-1,2 м/с.  
 $q$  – то же, что и в формуле (4.18).

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,309}{3,14 \cdot 1,2}} = 0,57 = 600 \text{ мм}$$

Так как внешний диаметр подводящего трубопровода равен 630 мм, тогда площадь нижней части смесителя будет определяться по формуле

$$f_H = D^2 = (d + \delta)^2, \quad (4.37)$$

где  $\delta$  - толщина стенки трубы, м.

$$f_H = D^2 = (0,63 + 0,03)^2 = 0,39 \text{ м}^2.$$

Принимаем величину центрального угла  $\alpha = 40^\circ$ .  
 Высота нижней пирамидальной части смесителя

$$h_H = 0,5 \cdot (B_B - B_H) \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (4.38)$$

где  $B_H$  равен наружному диаметру подводящего трубопровода,  
 $\alpha$  - величина центрального угла,  $40^\circ$ .

$$h = 0,5 \cdot (3,34 - 0,63) \cdot \operatorname{ctg} \frac{40}{2} = 3,7.$$

Объем пирамидальной части смесителя

$$W_H = \frac{1}{3} \cdot h_H \cdot (f_B + f_H + \sqrt{f_B \cdot f_H}), \quad (4.39)$$

$$W_H = \frac{1}{3} \cdot 3,7 \cdot (11,13 + 0,39 + \sqrt{11,13 \cdot 0,39}) = 16,78 \text{ м}^3.$$

Полный объем смесителя

$$W = \frac{q_{\text{час}} \cdot t}{60} \quad (4.40)$$

где  $t$  - продолжительность смешивания, мин.

$$W = \frac{1112,59 \cdot 1,5}{60} = 27,8 \text{ м}^3.$$

Объем верхней части смесителя

$$W_B = W - W_H = 27,8 - 16,78 = 11,03 \text{ м}^3 \quad (4.41)$$

Высота верхней части смесителя определяется по формуле

$$h_{\text{в}} = \frac{W_{\text{в}}}{f_{\text{в}}}, \quad (4.42)$$

$$h_{\text{в}} = \frac{11,03}{11,13} = 1 \text{ м}.$$

Полная высота смесителя определяется по формуле

$$h_o = h_{\text{в}} + h_n, \quad (4.43)$$

$$h_o = 1 + 3,7 = 4,7 \text{ м}.$$

#### 4.2.11 Сбор воды периферийным лотком

В верхней части смесителя через затопленные отверстия происходит сбор воды периферийным лотком со скоростью  $v=0,6$  м/с.

Вода, протекающая по лоткам в направлении бокового кармана, разделяется на два потока, поэтому расчетный расход каждого потока будет определяться по формуле

Расход воды в лотке

$$Q_{\text{л}} = \frac{q_{\text{час}}}{2} = \frac{1112,39}{3} = 556,3 \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (4.44)$$

Площадь живого сечения лотка

$$\omega_l = \frac{Q_l}{V_l \cdot 3600}, \quad (4.45)$$

где  $V_l$  - скорость движения воды в лотке, м/с.

$$\omega_l = \frac{556,3}{0,6 \cdot 3600} = 0,26 \text{ м}^2.$$

Высота слоя воды в лотке

$$h_l = \frac{\omega_l}{B_l}, \quad (4.46)$$

где  $B_l$  - ширина лотка, м; уклон дна лотка принимаем  $i=0,02$ .

$$h_l = \frac{0,26}{0,27} = 0,95 \text{ м}.$$

Площадь затопления отверстий в стенках лотка

$$F_o = \frac{q_{\text{час}}}{V_o \cdot 3600}, \quad (4.47)$$

где  $V_o$  - скорость движения воды через отверстия, 1 м/с.

$$F_o = \frac{1112,59}{1 \cdot 3600} = 0,309 \text{ м}^2.$$

Площадь одного отверстия

$$f_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4}, \quad (4.48)$$

где  $d_o$  - диаметр отверстия, м.

$$f_o = \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} = 0,00502 \text{ м}^2.$$

Находим количество отверстий:

$$n_o = \frac{F_o}{f_o} = \frac{0,309}{0,00502} = 62 \text{ отв.} \quad (4.49)$$

Отверстия размещаются по боковой поверхности лотка на глубине  $h_o=110$  мм от верхней кромки лотка до оси отверстия.

Внутренний периметр лотка определяем по формуле

$$P_l = 4 \cdot [B_B - 2(B_l + 0,06)] \quad (4.50)$$

$$P_l = 4 \cdot [3,34 - 2(0,27 + 0,06)] = 10,72 \text{ м.}$$

Шаг оси отверстий

$$l_o = \frac{P_l}{n_o}, \quad (4.51)$$

$$l_o = \frac{10,72}{62} = 0,17 \text{ м.}$$

Расстояние между отверстиями

$$l = l_o - d_o,$$

$$l = 0,17 - 0,08 = 0,09 \text{ м.} \quad (4.52)$$

Секундный расход воды, протекающий по трубе для подачи в контактный осветлитель  $q_{сек} = 309$  л/с. Скорость в этом трубопроводе должна быть от 0,8 до 1 м/с, а время пребывания не более 2 мин. Принимаем стальной трубопровод диаметром наружным 630 мм, при скорости движения воды 1 м/с.



#### 4.2.12 Расчет контактного осветлителя

Контактные осветлители предназначены для обесцвечивания и осветления воды, основаны на принципе контактной коагуляции и совмещают функции камеры хлопьеобразования, отстойника и скорого фильтра.

Контактный осветлитель заполнен сверху слоем песка с крупностью зерен 0,5-2 мм и толщиной слоя 2 м, а снизу гравием с крупностью зерен 2-4 мм и толщиной слоя 50 мм. Вода проходит через слои загрузки осветлителя снизу вверх в направлении убывающей крупности зерен.

Входная камера необходима для того, чтобы исключить попадание в распределительную систему и зернистую загрузку водорослей и крупной взвеси.

При суточной производительности контактных осветлителей  $Q_{\text{сут}} = 23934,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ , объем входной камеры будет равен

$$W_{\text{в.х.к}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot t}{24 \cdot 60}, \quad (4.53)$$

где  $t = 2$  мин – время пребывания воды во входной камере.

$$W_{\text{в.х.к}} = \frac{26702,1 \cdot 2}{24 \cdot 60} = 37,08 \text{ м}^3.$$

Площадь камеры находим по формуле

$$F_{\text{в.х.к}} = \frac{W_{\text{в.х.к}}}{h_{\text{в.х.к}}},$$
$$F_{\text{в.х.к}} = \frac{37,08}{3} = 12,36 = 13 \text{ м}^2. \quad (4.54)$$

Принимаем две входных камеры глубиной 3 м, площадью 1,5х1,5м. В камерах устанавливают вертикальные сетки с отверстиями 2-4 мм. При скорости воды через сетки 0,25 м/с, тогда

Рабочая площадь сеток будет определяться по формуле

$$F_c = \frac{Q_c}{3600 \cdot V_o}, \quad (4.55)$$

$$F_c = \frac{1112,39}{3600 \cdot 0,25} = 1,24 \text{ м}^2.$$

Находим высоту конической части камеры по формуле

$$h_{\text{кон}} = \frac{B}{2} \cdot \text{ctg} \cdot (90 - 50), \quad (4.56)$$

где  $B$  - ширина камеры, м.

$$h_{\text{кон}} = \frac{1,5}{2} \cdot 1,192 = 0,9 \text{ м}.$$

Полная высота камеры определяется по формуле

$$\begin{aligned} H &= h_{\text{вх.к}} + h_{\text{кон}}, \\ H &= 3 + 0,9 = 3,9 \text{ м}. \end{aligned} \quad (4.57)$$

Площадь контактного осветлителя находим по формуле

$$F = \frac{Q_{\text{сут}}}{T \cdot V_{\text{р.н}} - 3,6 \cdot n \cdot \omega \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot V_{\text{р.н}} - n \cdot t_3 \cdot V_{\text{р.н}}}, \quad (4.58)$$

где  $T = 24$  ч;  $\omega = 18 \frac{\text{л}}{\text{м}^2}$  - интенсивность промывки;  $n = 3$ ;  $t_1 = 0,133$  ч;  $t_2 = 0,33$  ч;  $t_3 = 0,17$  ч;  $V_{\text{р.н}} = 5$  м/ч.

$$F = \frac{26702,1}{24 \cdot 5 - 3,6 \cdot 3 \cdot 18 \cdot 0,133 - 3 \cdot 0,33 \cdot 5 - 3 \cdot 0,17 \cdot 5} = 291,35 \text{ м}^2,$$

Принимаем 8 контактных осветлителей, площадью  $f_{\text{к.о}} = 35 \text{ м}^2$ , размерами  $5 \times 7$  м каждый в плане. Один осветлитель имеет два отделения, с размерами  $5,0 \times 3,1$  м, площадью сечения  $15,5 \text{ м}^2$  каждый.

Проверяем скорость восходящего потока воды при форсированном режиме эксплуатации

$$V_{\text{рф}} = V_{\text{рн}} \cdot \frac{N}{N - 1}, \quad (4.59)$$

где  $V_{\text{рн}} = 5$  м/ч; 1 – количество осветлителей, находящихся в ремонте.

$$V_{p\phi} = 5 \cdot \frac{8}{8-1} = 5,71 \text{ м/с.}$$

Скорость при форсированном режиме не превышает допускаемую скорость движения воды - 5,5-6 м/ч.

*Трубчатая распределительная система*

Расход промывной воды на один контактный осветлитель

$$q_{np} = f_{к.о} \cdot \omega, \quad (4.60)$$

где  $\omega = 18 - 20 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$  - интенсивность промывки.

$$q_{np} = 35 \cdot 18 = 630 \text{ л/с} = 0,63 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

На один коллектор распределительной системы контактного осветлителя приходится расход промывной воды по формуле

$$q_{кол} = \frac{q_{np}}{2}, \quad (4.61)$$

$$q_{кол} = \frac{0,63}{2} = 0,315 \text{ м}^3 / \text{с} = 315 \text{ л/с.}$$

Диаметр коллектора определяем по формуле

$$d_{кол} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{кол}}{\pi \cdot v_{кол}}}, \quad (4.62)$$

где  $v_{кол} = 0,8 - 1,2 \text{ м/с}$  - скорость движения воды при промывке.

$$d_{кол} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,315}{3,14 \cdot 1,15}} = 0,6 = 600 \text{ мм.}$$

Находим длину ответвления

$$L_{отв} = (L_{кол} - D_{кол}) / 2, \quad (4.63)$$

где  $L_{кол}$  длина коллектора, 5 м.

$D_{кол}$  – наружный диаметр коллектора, 0,63 м.

$$L_{отв} = (5,0 - 0,63) / 2 = 2,18 \text{ м.}$$

Число ответвлений будет определяться по формуле

$$m = 2 \cdot \left( \frac{B_{ко}}{l} \right), \quad (4.64)$$

где  $l = 0,25 - 0,35$  м - шаг оси ответвлений.

$$m = 2 \cdot \left( \frac{3,1}{0,3} \right) = 21 \text{ шт.}$$

Находим расход промывной воды на одно ответвление

$$q_{отв} = \frac{q_{кол}}{m}, \quad (4.65)$$

$$q_{отв} = \frac{315}{21} = 15 \text{ л/с.}$$

Число отверстий ответвления определяется по формуле

$$n = \frac{\alpha \cdot F_{отв}}{m \cdot f_o}, \quad (4.66)$$

где отношение  $\alpha$  площади всех отверстий распределительной системы к площади осветлителя равен 0,2%. Диаметр отверстий принимается 10 мм.

$$n = \frac{0,002 \cdot 15,5}{21 \cdot 0,785 \cdot 0,01^2} = 19 \text{ шт.}$$

Диаметр ответвлений находится по формуле

$$D_{отв} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{отв}}{\pi \cdot v_{отв}}}, \quad (4.67)$$

где  $V_{отв} = 1,8 - 2$  м/с - допустимая скорость в трубопроводах распределительной системы.

$$D_{отв} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,015}{3,14 \cdot 1,9}} = 0,10 м = 100 мм,$$

Шаг оси ответвлений равен:

$$l = \frac{l_{отв}}{n}, \quad (4.68)$$

Рекомендуется принимать в пределах от 80 до 120 мм.

$$l = \frac{2180}{19} = 115 мм.$$

Расход промывной воды на один желоб определяется по формуле

$$q_{жс} = \frac{q_{пр}}{n_{жс}},$$

$$q_{жс} = \frac{0,63}{6} = 0,105 м^3 / с, \quad (4.69)$$

где  $n_{жс} = 2 - 6$  – количество желобов.

Определяем расстояние между осями желобов

$$l_{жс} = \frac{5}{3} = 1,7 м.$$

Ширина желоба определяется по формуле

$$B = K \cdot \sqrt[5]{\frac{q_{жс}^2}{(1,57 + a^3)}}, \quad (4.70)$$

где  $K = 2$  – коэффициент, принимается для желобов с полукруглым основанием;

$a = 1 - 1,5$  - отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины.

$$B = 2 \cdot \sqrt[5]{\frac{0,105^2}{(1,57 + 1,5)^3}} = 0,41 \text{ м.}$$

Принимаем ширину желоба  $B = 0,42 \text{ м}$ , конструктивную высоту  $h_{\text{жс}} = 0,60 \text{ м}$ , скорость движения воды в конце желоба  $v = 0,60 \text{ м}$ .

Высота кромки желоба над поверхностью контактного осветлителя находим по формуле

$$\Delta h = \frac{H_{\phi} \cdot e}{100} + 0,3, \quad (4.71)$$

где  $e$  – относительное расширение загрузки.

$$\Delta h = \frac{2 \cdot 25}{100} + 0,3 = 0,8 \text{ м.}$$

Расход воды на промывку фильтра будет определяться по формуле

$$P = \frac{\omega \cdot f_k \cdot t_1 \cdot 60 \cdot N_{\text{л}}}{Q_{\text{ч}} \cdot T_p \cdot 1000} \cdot 100\%, \quad (4.72)$$

где  $f_k$  – площадь осветлителя;  $N_{\text{л}}$  – количество осветлителей;

$T_p$  – продолжительность работы фильтра между двумя промывками, находится по формуле

$$T_p = T_0 - (t_1 + t_2 + t_3), \quad (4.73)$$

где  $T_0 = 8 - 12$  ч – продолжительность рабочего фильтроцикла;

$t_1 = 0,1$  ч – продолжительность промывки;

$t_2 = 0,33$  ч – время простоя фильтра в связи с промывкой;

$t_3 = 0,17$  ч – продолжительность сброса первого фильтра в сток.

$$T_p = 8 - (0,1 + 0,33 + 0,17) = 6,5 \text{ ч.}$$

$$P = \frac{18 \cdot 35 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 8}{1112,59 \cdot 6,5 \cdot 1000} \cdot 100\% = 33,45\%.$$

Находим расстояние от дна желоба до дна сборного канала

$$H_{кан} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{кан}^2}{g \cdot b_{кан}^2}} + 0,2, \quad (4.74)$$

где  $q_{кан}$  - расход воды в канале в м<sup>3</sup>/с, принимаемый равный 0,63 м<sup>3</sup>/с ;  
 $b_{кан}$  - минимальная допустимая ширина канала, принимаемой равной 0,7 м;  
 $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

$$H_{кан} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,63^2}{9,81 \cdot 0,7^2}} + 0,2 = 0,95 \text{ м.}$$

Скорость движения воды в конце сборного канала при размерах его поперечного сечения  $f_{кан} = 0,95 \cdot 0,7 = 0,67 \text{ м}^2$ , и  $q_{пр} = q_{кан}$  составит

$$v_{кан} = \frac{q_{кан}}{f_{кан}}, \quad (4.75)$$

$$v_{кан} = \frac{0,63}{0,67} = 0,94 \text{ м/с.}$$

Полученная скорость больше минимально допустимой скорости при форсированном режиме  $V_{кан} = 0,8$  м/с.

*Потери напора при промывке контактного осветлителя*

Потери напора складываются из следующих величин:

Потери напора в отверстиях труб распределительной системы осветлителя, определяют по формуле

$$h_{p.c} = \left(\frac{2,2}{\alpha^2} + 1\right) \cdot \frac{v_{кол}^2}{2g} + \frac{v_{p.m}^2}{2g}, \text{ м,} \quad (4.76)$$

где  $v_{кол}$ —скорость движения воды в коллекторе, 1,15 м/с;

$v_{p.m}$ —то же, в распределительных трубах, 1,9 м/с;

$\alpha$ —отношение суммы площадей всех отверстий распределительной системы к площади сечения коллектора, определяется по формуле

$$\alpha = \frac{\sum f_{омв}}{F_{кол}}, \quad (4.77)$$

$$\alpha = \frac{0,0875}{0,298} = 0,3,$$

$$h_{p.c.} = \left( \frac{2,2}{0,3^2} + 1 \right) \cdot \frac{1,15^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{1,9^2}{2 \cdot 9,81} = 1,89 \text{ м}$$

Потери напора в фильтрующем слое, определяют по формуле

$$h_{\phi} = (a + b \cdot \omega) \cdot H_{\phi} \quad (4.78)$$

где  $\omega = 18 \text{ л/с м}^2$  – интенсивность промывки;

$b=0,017$ ;  $a = 0,76$  – параметры для керамзита с крупностью зерен 0,5 – 1 мм.

$H_{\phi} = 2 \text{ м}$  – высота фильтрующего слоя.

$$h_{\phi} = (0,76 + 0,017 \cdot 18) \cdot 2 = 2,13 \text{ м.}$$

Потери напора в гравийных поддерживающих слоях, определяют по формуле

$$h_{пс} = 0,022 \cdot H_{пс} \cdot \omega \quad (4.79)$$

где  $H_{п.с.} = 0,5 \text{ м}$  – высота поддерживающего слоя

$$h_{пс} = 0,022 \cdot 0,5 \cdot 18 = 0,198 \text{ м.}$$

Потери напора в трубопроводе, подводящем промывную воду к общему коллектору распределительной системы при длине трубопровода 100 м, расходе промывной воды 315 л/с и диаметре трубопровода 600 мм, уклон  $i=0,0023$ .

$$h_{пт} = i \cdot l, \quad (4.80)$$

$$h_{пт} = 0,0023 \cdot 100 = 0,23 \text{ м.}$$

Потери напора на образование скорости во всасывающем и напорном трубопроводах насоса для подачи промывной воды



$$h_{HT} = \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (4.81)$$

Каждый из центробежных насосов, работающих одновременно, подает 50% расхода промывной воды, т.е. 160 л/с, скорость в патрубках насоса при  $d=300$  мм составит  $V=2,12$  м/с.

$$h_{HT} = \frac{2,12^2}{2 \cdot 9,81} = 0,23 \text{ м.}$$

Потери напора на местные сопротивления в арматуре и фасонных частях определяются по формуле

$$h_{м.с.} = \sum \xi \cdot h_{MC} = \sum \xi \cdot \frac{V_{КОЛ}^2}{2g} \quad (4.82)$$

где  $\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений:

$\xi_1 = 0,984$  – для колена;

$\xi_2 = 0,26$  – для задвижек;

$\xi_3 = 0,5$  – для входа во всасывающую трубу;

$\xi_4 = 0,92$  – для тройника.

$$h_{м.с.} = \sum (0,984 + 0,26 + 0,5 + 0,92) \cdot \frac{1,15^2}{2 \cdot 9,81} = 0,18 \text{ м.}$$

Полная величина потерь напора при промывке контактного осветлителя составит

$$\sum h = h_{PC} + h_{\Phi} + h_{ПС} + h_{ПТ} + h_{HT} + h_{МС}, \quad (4.83)$$

$$\sum h = 1,89 + 2,13 + 0,198 + 0,23 + 0,23 + 0,18 = 4,86 \text{ м.}$$

Геометрическая высота подъема воды  $h_z$  от дна резервуара чистой воды до верхней кромки желобов над осветлителем будет определяться по формуле

$$h_{\Gamma} = \Delta h_{жс} + H_{\Phi} + 4,5 \quad (4.84)$$

где  $\Delta h_{жс}$  м – высота кромки желоба над поверхностью осветлителя;

$H_{\Phi} = 2$  м — высота загрузки осветлителя;

4,5 м – глубина воды в резервуаре.

$$h_{\Gamma} = 0,8 + 2 + 4,5 = 7,3 \text{ м.}$$

Напор насоса при промывке осветлителя, равен

$$H = h_{\Gamma} + \Sigma h + h_{3.н}, \quad (4.85)$$

где  $h_{3.н}=1,5$  м – запас напора.

$$h_{\Gamma} = 7,3 + 4,86 + 1,5 = 13,66 \text{ м.}$$

При напоре 13,66 м и подаче воды в количестве 1134 м<sup>3</sup>/ч принимаем горизонтальный центробежный двухстороннего входа одноступенчатый насос марки Д2000-21А2-92-8 с диаметром рабочего колеса 425 мм, напряжением 380 В и мощностью электродвигателя 55 кВт.

Насос предназначен для перекачивания чистых или немного замутненных жидкостей, неагрессивных по отношению к материалу деталей, без абразивных или длинноволоконистых включений. Устанавливаем 1 рабочий и 1 резервный насос.

#### 4.2.18 Обеззараживание

Обеззараживание – применяется для уничтожения патогенных бактерий и других микроорганизмов. Применяем обеззараживание гипохлоритом натрия (NaClO), получаемого путем электролиза поваренной соли, с дозой 2 мг/л.

Расчетный часовой расход активного хлора для хлорирования воды при дозе хлора  $D_{Cl} = 2 \text{ мг/л}$  составит

$$Q'_{хл} = \frac{Q_{сут} \cdot D'_{хл}}{24 \cdot 1000}. \quad (4.86)$$

$$Q'_{хл} = \frac{26702,1 \cdot 2}{24 \cdot 1000} = 2,5 \text{ кг/ч}$$

Расход соли на получение 1 кг активного хлора составляет 3 кг NaCl, для получения 2,5 кг активного хлора необходимо 7,5 кг NaCl в час.

Получение гипохлорида натрия производится на электролизере марки МБЭ – 5, который предназначен для осуществления процесса электрохимического разложения поваренной соли с получением в качестве

дезинфицирующего агента хлорной воды с содержанием диоксида хлора. Габариты электролизера: длина – 0,59 м, ширина – 0,43 м и высота – 1,382 м.

## **5. Технология и организация строительного производства**

### **5.1 Определение объемов земляных работ**

Объемы земляных работ рассчитаны для участков 1-3 кольцевой водопроводной сети, при длине трубопровода 1425 м. из полиэтиленовых труб ГОСТ 18599-2001\*  $d_y = 400$  мм. Масса 1 м трубы 42,3 кг.

Строительство проводится в летние месяцы, грунт на участке строительства – супесь.

Для труб с условным проходом до 400 мм включительно наименьшая глубина заложения трубопровода  $h_l^6$  принимается на 0,5 м больше глубины промерзания грунта  $h_{np}$ , м.

В начале участка (в точке 1) глубина заложения определяется по формуле

$$h_1 = h_{np} + 0,5 \quad (5.1)$$

где  $h_{np}$  – глубина промерзания грунта, 2,5 м.

$$h_1 = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ м.}$$

Глубину  $h_2$  прокладки труб в конце участка (точке 3) находим по формуле

$$h_2 = h_1 + i_{mp} \cdot L, \quad (5.2)$$

где  $i$  – уклон траншеи, 0,003

$L$  – длина траншеи, 1425 м.

$$h_2 = 3 + 0,003 \cdot 1425 = 7,27 \text{ м.}$$

Средняя глубина траншеи будет определяться по формуле

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2}{2}, \quad (5.3)$$

$$h_{cp} = \frac{3 + 7,27}{2} = 5,14.$$

Ширина траншеи по дну  $B$  зависит от материала труб и их наружного диаметра и определяется по формуле

$$B = d_{нар} + 0,5, \quad (5.4)$$

$$B = 0,4 + 0,5 = 0,9 \text{ м.}$$

Ширину траншеи находим по формуле

$$E = B + 2 \cdot m \cdot h, \quad (5.5)$$

где  $m$  – коэффициент откоса (для супеси  $m = 0,85$ );

$B$  – ширина траншеи, по формуле (6.4);

$h$  – глубина траншеи.

Ширина траншеи в точке 1 поверху буде равна:

$$E_1 = 0,9 + 2 \cdot 0,85 \cdot 3 = 6 \text{ м.}$$

Ширина траншеи в точке 3 поверху

$$E_2 = 0,9 + 2 \cdot 0,85 \cdot 7,27 = 13,26 \text{ м.}$$

Средняя ширина траншеи поверху

$$E_{cp} = 0,9 + 2 \cdot 0,85 \cdot 5,14 = 9,64 \text{ м.}$$

Для подсчета объемов земляных работ по разработке траншей в первую очередь определяем площади поперечного сечения траншеи на пикетах.

При трапециoidalной форме сечения траншеи площадь сечения поперечника будет определяться по формуле

$$F_{cp} = \frac{h_{cp} \cdot (B + E)}{2} = h_{cp} \cdot (B + m \cdot h_{cp}), \quad (5.6)$$

где  $h_{cp}$  – средняя глубина траншеи, м;

$E$  – ширина траншеи поверху, м;

$m, B$  – то же, что и в формуле (6.5);

$$F_{cp} = 5,14 \cdot (0,9 + 0,85 \cdot 5,14) = 27,1 \text{ м}^2. \quad (5.7)$$

Разработку грунта в траншеях одноковшовыми экскаваторами нужно производить без нарушения естественной структуры грунта в основании с недобором, который принимается равным 0,2 м и отрывается вручную.

Объем грунта, подлежащий разработке определяется по формуле

$$V = V_m + V_p, \quad (5.8)$$

где  $V_m$  – объем грунта, разрабатываемый механизированным способом,  $\text{м}^3$ ;  
 $V_p$  – объем грунта, разрабатываемый вручную,  $\text{м}^3$ .

Объем грунта разрабатываемый экскаватором находим по формуле

$$V_m = V_m^1 + V_m^2, \quad (5.9)$$

где  $V_m^1$  – объем грунта, извлекаемого экскаватором при отрывке из траншеи под трубопровод,  $\text{м}^3$ ;

$V_m^2$  – объем грунта, извлекаемого экскаватором для устройства котлованов под колодцы,  $\text{м}^3$ .

Объем грунта, который извлекается экскаватором из траншеи под трубопровод, определяется по формуле

$$V_m^1 = (F_{cp} + \frac{m \cdot [(h_1 - 0,2) + (h_2 - 0,2)]^2}{12}) \cdot l_1, \quad (5.10)$$

где 0,2 м – высота недобора грунта при работе экскаватора;

$l_1$  – длина трубопровода без суммарной длины котлована под колодцы по всей трассе трубопровода., определяется по следующей формуле

$$l_1 = L - a_2 \cdot N, \quad (5.11)$$

где  $N$  – количество котлованов, равное количеству колодцев, определяется по формуле

$$N = \frac{L}{100} + 1, \quad (5.12)$$

$$N = \frac{1425}{100} + 1 = 16 \text{ шт},$$

$$l_1 = 1425 - 10,7 \cdot 16 = 1253,8 \text{ м}$$

$$V_{\text{м}}^1 = (27,1 + \frac{0,85 \cdot [(3_1 - 0,2) + (7,27 - 0,2)]^2}{12}) \cdot 1253,8 = 42629,6 \text{ м}^3.$$

Объем грунта, который извлекается экскаватором для устройства котлованов под колодцы, определяется по формуле

$$V_{\text{м}}^2 = \frac{h_{\text{ср.н}} \cdot [(2a_1 + a_2) \cdot b_1 + (2a_2 + a_1) \cdot b_2]}{6} \cdot N, \quad (5.13)$$

где  $h_{\text{ср.н}}$  – средняя глубина траншеи за вычетом недобора грунта, 4,94 м;

$a_1$  и  $b_1$  – размеры котлована под колодец понизу, 3,7 м;

$a_2, b_2$  – размеры котлована под колодец поверху, м;

$N$  – то же, что и в формуле (6.12)

Размеры котлована поверху под колодец определяются по формуле

$$a_2 = b_2 = a_1 + 2 \cdot m \cdot h_{\text{ср.н}}, \quad (5.14)$$

$$a_2 = b_2 = 3,7 + 2 \cdot 0,85 \cdot 4,94 = 12,1 \text{ м},$$

$$V_{\text{м}}^2 = \frac{4,94 \cdot [(2 \cdot 3,7 + 12,1) \cdot 3,7 + (2 \cdot 12,1 + 3,7) \cdot 12,1]}{6} \cdot 16 = 5397,6 \text{ м}^3.$$

Объем грунта, разрабатываемый экскаватором по формуле (5.9)

$$V_{\text{м}} = 42629,6 + 5397,6 = 48027,2 \text{ м}^3.$$

Объем грунта, разрабатываемого вручную находим по формуле

$$V_p = V_p^1 + V_p^2, \quad (5.15)$$

Объем грунта, извлекаемый при разработке недобора определяем по формуле

$$V_p^1 = h_{нед} \cdot (B \cdot l_1^H + a_1 \cdot b_1 \cdot N), \quad (5.16)$$

где  $N$  – число колодцев, по формуле (6.12);

$l_1^H$  – длина трубопровода без суммарной длины котлованов под колодцы, считая по низу;

$B$  – ширина траншеи понизу.

$$l_1^H = L - a_1 \cdot N, \quad (5.17)$$

$$l_1^H = 1425 - 3,7 \cdot 16 = 1365,8 \text{ м.}$$

$$V_p^1 = 0,2 \cdot (0,9 \cdot 1365,8 + 3,7 \cdot 3,7 \cdot 16) = 289,6 \text{ м}^3.$$

Объем грунта, извлекаемый при устройстве приемков

$$V_p^2 = V_{np} \cdot N_{np}, \quad (5.18)$$

$$V_p^2 = V_{np} \cdot N_1 = 0,11 \cdot 116 = 12,76 \text{ м}^3,$$

где  $V_{np}$  – объем одного приемка,

$N_{np}$  – количество приемков, определяемых по формуле

$$N_{np} = \frac{L - D_{кол} \cdot N}{l_{mp}} - 1, \quad (5.19)$$

где  $l_{mp}$  – длина одной трубы, 12 м.

$$N_1 = \frac{1425 - 2 \cdot 16}{12} - 1 = 116 \text{ шт.}$$

Принимаем следующие размеры приемков для колодца диаметром 2 м: длина  $a^1=0,6$  м, ширина  $b^1=0,43+0,5=0,93$  м, глубина  $c^1=0,2$  м.

Объем одного приемка определяется по формуле

$$V_{np} = a^1 \cdot b^1 \cdot c^1, \quad (5.20)$$

$$V_{np} = 0,6 \cdot 0,93 \cdot 0,2 = 0,11 \text{ м}^3.$$

Объем грунта, разрабатываемый вручную, находим по формуле (5.15)

$$V_p = 286,9 + 12,76 = 299,7 \text{ м}^3.$$

Весь объем грунта, подлежащий разработке, находим по формуле (5.8)

$$V = 48027,2 + 299,7 = 48326,9 \text{ м}^3.$$

Подбираем колодец, который имеет стальную задвижку высотой  $h=1,585$  м, длиной  $l=950$  мм, строительной длиной  $1,95$  м и массой  $m=1380$  кг. Размер колодца в плане принимаем  $2$  м. Высота рабочей камеры колодца на  $0,7$  м выше высоты задвижки и равна  $2,285$  м. Кольца для сбора рабочей камеры принимаем высотой  $400$  см. Марка колец КЦ –20– 6 (1 шт.) и КЦ –20 – 9 (2 шт.). Основные характеристики колец представлены в таблице 6.1.

Таблица 5.1 – Характеристики колец.

Размеры колец	Марка колец	
	КЦ –20 – 6	КЦ –20 – 9
Внутренний диаметр, м	2,0	2,0
Наружный диаметр, м	2,2	2,2
Высота, м	0,59	0,89
Масса колец, кг	980	1470

Плиту днища принимаем марки КЦД-20, круглую в плане с диаметром  $2,5$  м, толщиной  $0,12$  м и массой  $1470$  кг.

Определим параметры горловины, высота которых находится по формуле

$$H_{горл} = h_{cp} - 3,3, \quad (5.9)$$

где  $h_{cp}$  – средняя высота траншеи, по формуле (5.3).

$$H_{горл} = 5,14 - 3,3 = 1,84 \text{ м}.$$

Принимаем для горловины стеновые кольца марки КЦ –20 – 6 (1 шт), характеристики которых приведены в таблице 6.2.



Таблица 5.2 – Характеристики колец.

Размеры колец	Марка кольца
	КЦ –20 – 6 (1 шт)
Внутренний диаметр, м	2
Наружный диаметр, м	2,2
Высота, м	0,59
Толщина стенки, см	1
Масса колец, кг	980

Плиты перекрытия принимаем марки КЦПЗ-20 с внутренним диаметром лаза 1 м, наружным диаметром 2,2 м, массой 1130 кг.

На плиту перекрытия опирается опорная плита КЦО-2, длиной и шириной  $l \times b = 1,7$  м, толщиной 0,15 м, с внутренним диаметром 1 м, массой 800 кг. Внутрь опорной плиты вставляется кольцо опорное марки КЦО-1 с внутренним диаметром 0,58 м, наружным 0,84, толщиной 0,07 м и массой 50 кг.

## 5.2 Определение объёма земли подлежащей вывозу в отвал за пределы стройки

После монтажа трубопровода и предварительного испытания часть грунта, извлекаемого при разработке траншеи, используется для обратной засыпки. Лишняя часть грунта подлежит вывозу в отвал за пределы строительства. Засыпка трубопровода грунтов производится бульдозером.

Объем грунта, вывозимого в отвал за пределы строительства определяется по формуле

$$V_{отв} = (V_{тр} + V_{кол}) \cdot K_{пр}, \quad (5.10)$$

где  $V_{тр}$  – объем грунта, вытесняемый трубопроводом;

$V_{кол}$  – объем грунта, вытесняемый колодцами;

$K_{пр}$  – коэффициент первоначального увеличения объема грунта при его рыхлении, для супеси принимается равным 1,15;

Находим объем грунта, вытесняемый трубопроводом

$$V_{тр} = \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot l_1 \cdot K_p, \quad (5.11)$$

где  $K_p$  – коэффициент, учитывающий объем земли, который вытесняется раструбами или муфтами, для гладких труб применяется  $K_p = 1$ ;

$l_1$  – длина трубопровода за вычетом суммарного диаметра всех колодцев, м., определяется по формуле

$$l_1 = L - D_n^{кол} \cdot N, \quad (5.12)$$

где  $D_n^{кол}$  – наружный диаметр колодца, 2,0 м;  
 $N$  – количество колодцев.

$$l_1 = 1425 - 2 \cdot 16 = 1393 \text{ м},$$

$$V_{пр} = \frac{3,14 \cdot 0,43^2}{4} \cdot 1425 \cdot 1 = 206,8 \text{ м}^3.$$

Объем грунта, вытесняемый колодцами будет определяться по формуле

$$V_{кол} = \frac{\pi \cdot D_k^2}{4} \cdot h_{кол} \cdot N, \quad (5.13)$$

где  $h_{кол}$  – глубина колодца, м;  
 $D$  – диаметр колодца, м;  
 $N$  – количество колодцев.

$$V_{кол} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 5,14 \cdot 16 = 258,2 \text{ м}^3,$$

$$V_{отв} = (206,8 + 258,2) \cdot 1,15 = 534,75 \text{ м}^3.$$

Результаты расчета объемов земляных работ приведены в таблице 5.3.

Таблица 6.3 - Объемы земляных масс

Наименование работы	Основные параметры выемки				Объем грунта	
	Ширина, м		Глубина , h <sub>ср</sub> м	Длина, м	Обозна чение	Количество, м <sup>3</sup>
	По верху, Е <sub>ср</sub>	По низу, В				
Механизированные земляные работы						
Разработка траншеи	9,64	0,9	5,14	1365,8	V <sub>м</sub> <sup>1</sup>	42629,6
Разработка котлованов под колодцы	12,1	12,1	5,39	59,2	V <sub>м</sub> <sup>2</sup>	5397,6
Вывоз грунта в отвал за пределы строительства	51,7	51,7	0,2		V <sub>отв</sub>	534,75

## Окончание таблицы 6.3

Наименование работы	Основные параметры выемки				Объем грунта	
	Ширина, м		Глубина , h <sub>ср</sub> м	Длина, м	Обозна чение	Количество, м <sup>3</sup>
	По верху, Е <sub>ср</sub>	По низу, В				
Ручные земляные работы						
Разработка недобора грунта	0,9	0,9	0,2	1425	V <sub>р</sub> <sup>1</sup>	289,6
Рытье приямков	0,6	0,6	0,93	0,2	V <sub>р</sub> <sup>2</sup>	12,76
Общий объем разработки:					V	48326,9
в т. ч. механизированной;					V <sub>м</sub>	48027,2
в т. ч. ручной					V <sub>д</sub>	299,7

### 5.3 Предварительный выбор комплекта машин

Состав комплекта машин определяется механизированными видами работ: разработка грунта под колодцы; вывоз грунта в отвал; разгрузка труб, арматуры, элементов колодцев; монтаж трубопровода и арматуры; выравнивание грунта; обратная засыпка котлована или траншеи; планировка траншеи.

Экскаватор в данном комплекте машин является ведущим. В зависимости от производительности экскаватора подбираются марки других машин: самосвала, бульдозера, крана. Для отрывки траншеи используют экскаваторы-драглайны или экскаваторы с обратной лопатой. Продолжительность строительства – 30 дней.

Принимаем одноковшовый экскаватор с обратной лопатой, марки ЭО 4121А и экскаватор-драглайн марки ЭО-5111 ЕХЛ. Основные характеристики экскаваторов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Основные характеристики экскаваторов

Наименование характеристики	Экскаватор с обратной лопатой марки ЭО 4121А	Экскаватор-драглайн марки ЭО-5111 ЕХЛ
1	2	3
Вместимость ковша $V_k, m^3$	1	1
Наибольшая глубина копания $H_k, m$	7,45	12,5
Наибольшая глубина выгрузки $H_g, m$	5	4,1
Наибольший радиус выгрузки $R_g, m$	7,25	12,2
Наибольший радиус резания $R_p, m$	4,6	13,5

Наибольшая глубина копания экскаватора должна быть не менее наибольшей глубины траншеи -  $H_k \geq h_2$ .

Проверяем условие для экскаватора с обратной лопатой

$7,45 \geq 7,27$  - условие выполняется.

Проверяем условие для экскаватора-драглайна

$12,5 \geq 7,27$  - условие выполняется.

Грунт относится ко второй категории, плотность супеси равна  $1,3 \text{ т/м}^3$ . Для транспортирования грунта принимаем автосамосвал марки КАМАЗ-5511. Выбор марки зависит от выбора экскаватора: технические данные самосвала должны соответствовать марки экскаватора, вместимость кузова должна вмещать не менее трех ковшей экскаватора. Грузоподъемность самосвала при транспортировании грунта на расстояние более 1 км принимаем 10 тонн.

Количество ковшей экскаватора, необходимое для загрузки самосвала

$$n = \frac{G}{\gamma \cdot \varepsilon \cdot K_n}, \quad (5.14)$$

где  $G$  – грузоподъемность самосвала,  $10 \text{ т}$ ;

$\gamma$  – плотность грунта,  $1,3 \text{ т/м}^3$ ;

$\varepsilon$  – емкость ковша экскаватора,  $1 \text{ м}^3$ ;

$K_n$  – коэффициент наполнения ковша, 0,85.

$$n = \frac{10}{1,3 \cdot 1 \cdot 0,85} = 9 \text{ шт.}$$

Длительность погрузки одного самосвала находим по формуле

$$t_{\text{ног}} = \frac{n}{n_y \cdot K_T}, \quad (5.15)$$

где  $n_y$  – число циклов экскавации в минуту, 1;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий условия подачи самосвала в забой, 0,85.

$$t_{\text{ног}} = \frac{9}{1 \cdot 0,85} = 11 \text{ мин.}$$

Количество рейсов самосвалов в смену будет определяться по формуле

$$P_p = \frac{t_{см} \cdot 60}{t_{ноз} + \frac{2 \cdot L}{V \cdot 60} + t_p + t_m}, \quad (5.16)$$

где  $L$  – дальность перевозки грунта, км;  
 $V$  – средняя скорость движения, км/ч;  
 $t_p$  – длительность разгрузки, 1 мин;  
 $t_m$  – длительность маневрирования машины, 3 мин;  
 $t_{см}$  – продолжительность смены, ч.

$$P_p = \frac{8 \cdot 60}{11 + \frac{2 \cdot 3}{30 \cdot 60} + 1 + 3} = 32 \text{ рейса.}$$

Производительность самосвала в смену

$$P_a = \frac{G}{\gamma} \cdot P_p, \quad (5.17)$$

где  $G, \gamma$  – то же, что и в формуле (5.14)

$$P_a = \frac{10}{1,3} \cdot 32 = 246,2 \text{ м}^3.$$

Производительность самосвала  $T_a$  принимаем такой же, как и производительность экскаватора  $T_э$ , равной 8 ч.

Объем грунта вывозимого самосвалом за одну смену равен

$$V_{см} = \frac{V_{омв}}{T_a}, \quad (5.18)$$

где  $V_{омв}$  – по формуле (5.10).

$$V_{см} = \frac{534,75}{8} = 66,8 \text{ м}^3$$

Количество самосвалов необходимых для транспортировки избыточного грунта определяются по формуле

$$N_a = \frac{V_{cm}}{П_a}, \quad (5.19)$$

$$N_a = \frac{66,8}{246,2} = 0,27 = 1 \text{ шт.}$$

Принимаем 1 самосвал марки КАМАЗ-5511.

При работе экскаватора поочередно в транспорт и навывет требуемое количество самосвалов определяется по формуле

$$N_a = \frac{V_{cm}}{П_a \cdot K_{оч}}; \quad (5.20)$$

где  $K_{оч}$  – коэффициент, учитывающий поочередную работу экскаватора навывет и в транспорт.

Значение  $K_{оч}$  определяется по формуле

$$K_{оч} = \frac{П_{нав} / П_{трансп}}{(V_{нав} / V_{трансп}) + (П_{нав} / П_{трансп})}, \quad (5.21)$$

где  $П_{нав}$  и  $П_{трансп}$  – производительность при работе навывет и в транспорт;

$V_{нав}$  и  $V_{трансп}$  – объемы грунта, разрабатываемого навывет и в транспорт.

$V_{трансп}$  следует принимать равным  $V_{отв}$ .

Производительность экскаватора при работе навывет определяется по формуле

$$П_{нав} = \frac{t_{cm} \cdot 100 \cdot (1 - P)}{H_{ерл}}, \quad (5.22)$$

где  $P$  – количество избыточного грунта, погружаемого в транспорт, в долях единицы (за единицу принят весь объем грунта, разрабатываемого экскаватором)

$H_{ерл}$  – норма времени на разработку грунта экскаватором при работе навывет, 1,8.

Количество избыточного грунта, погружаемого в транспорт, в долях единицы находим по формуле

$$P = \frac{V_{отв}}{V_m}, \quad (5.23)$$

$$P = \frac{534,75}{34376,1} = 0,011 \text{ м}^3,$$

Тогда производительность экскаватора при работе навывмет равна

$$П_{нав} = \frac{8 \cdot 100 \cdot (1 - 0,011)}{1,8} = 437,8 \text{ м}^3.$$

Производительность экскаватора при работе в транспорт определяется по формуле

$$П_{трансп} = \frac{t_{см} \cdot 100 \cdot P}{H_{вр2}} \quad (5.24)$$

где  $H_{вр2}$  – норма времени на разработку грунта экскаватором при погрузке в транспорт, 2,4.

$$П_{трансп} = \frac{t_{см} \cdot 100 \cdot P}{H_{вр2}} = \frac{8 \cdot 100 \cdot 0,011}{2,4} = 3,7 \text{ м}^3,$$

Значение объема  $V_{нав}$  грунта, разрабатываемого навывмет, следует определять по формуле

$$V_{нав} = V - V_p - V_{отв}, \quad (5.25)$$

$$V_{нав} = 48326,9 - 299,7 - 534,75 = 47492,45 \text{ м}^3.$$

Находим значение  $K_{оч}$

$$K_{оч} = \frac{437,8 / 3,7}{(47492,45 / 534,75) + (437,8 / 3,7)} = 0,57,$$

Тогда количество самосвалов по формуле (6.35) будет равно

$$N_a = \frac{66,8}{246,2 \cdot 0,57} = 0,48 \approx 1 \text{ самосвал.}$$

#### 5.4 Выбор механизмов для обратной засыпки траншеи и ее планировки

Для обратной засыпки грунта после проведения гидравлический испытаний целесообразно использовать бульдозер. Принимаем бульдозер ДЗ-117.

Продолжительность работ по обратной засыпке траншеи и планировке траншеи и отвала определяется по формуле

$$T_{\theta} = \frac{F_{нл} \cdot H_{\theta p}}{1000 \cdot T_{см}}, \quad (5.26)$$

где  $F_{нл}$  – площадь планируемой поверхности,  $м^2$ , определяется по формуле

$$F_{нл} = F_{нл1} + F_{нл2}, \quad (5.27)$$

$$F_{нл1} = [E_{cp} + B + h_2 \cdot (1 - m)] \cdot L, \quad (5.28)$$

где  $E_{cp}$  – средняя ширина траншеи по верху,  $м$ ;

$B$  – ширина траншеи по дну,  $м$ ;

$h_2$  – глубина прокладки в конце трубопровода,  $м$ ;

$m$  – коэффициент откоса траншеи, 0,85

$$b = 2 \cdot H_{отв} = 2 \cdot 5,5 = 11 м; \quad (5.30)$$

$$H_{отв} = \sqrt{F_{отв}} = 5,5 м; \quad (5.31)$$

$$F_{отв} = F_{cp} \cdot K_{перв} \cdot K = 17,9 \cdot 1,15 \cdot 0,98 = 20,17 м^2. \quad (5.32)$$

где  $K_{перв}$  – коэффициент первоначального увеличения объема грунта при его рыхлении, принимается равным 1,12-1,17 для супеси.  $K$  – коэффициент, учитывающий уменьшение площади поперечного сечения отвала при вывозе за пределы строительной площадки избыточного грунта в объеме равном объему грунта, вытесняемому трубопроводом и колодцами, и равен 0,98.

$$F_{нл1} = [9,64 + 0,9 + 7,27 \cdot (1 - 0,85)] \cdot 1425 = 16573,5 м^2.$$



Площадь планируемой поверхности на месте свалки избыточного грунта:

$$F_{пл2} = \frac{V_{отв}}{h} = \frac{534,75}{0,2} = 2673,75 м^2, \quad (5.33)$$

где  $h$  – толщина слоя отсыпки, равная 0,1-0,2 м

$$F_{пл} = 16573,5 + 2673,75 = 19247,25 м^2;$$

$$T_6 = \frac{19247,25 \cdot 1,2}{1000 \cdot 8} = 2,88 = 3 \text{ смены}.$$

## 5.5 Определение технико-экономических показателей

Окончательный выбор комплекта машин производим на основе технико-экономических показателей, таких как продолжительность земляных работ, себестоимость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта и трудоемкость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта.

Продолжительность работы экскаватора по отрывке траншеи  $T_э$  определяется по формуле

$$T_э = \frac{V_m}{П_э} \quad (5.34)$$

где  $V_m$  – объём грунта, вырабатываемого механизированным способом, м<sup>3</sup>;

$П_э$  – нормативная производительность экскаватора в смену определяется по формуле

$$П_э = t_{см} \cdot 100 \cdot \left( \frac{1-P}{H_{эп1}} + \frac{P}{H_{эп2}} \right), м^3 \text{ в смену}, \quad (5.35)$$

где  $t_{см}$  – продолжительность смены, 8 ч;

$P$  – количество избыточного грунта, погружаемого в транспорт в долях единицы;

$$P = \frac{V_{отв}}{V_m} = \frac{534,75}{48027,2} = 0,011, \quad (5.36)$$

$H_{ep1}, H_{ep2}$  – соответственно норма времени на разработку экскаватором при работе в отвал и при погрузке в транспорт.

Нормативная производительность экскаватора с обратной лопатой в смену:

$$P_9^o = 8 \cdot 100 \cdot \left( \frac{1 - 0,011}{1,8} + \frac{0,011}{2,4} \right) = 443,2 \text{ м}^3 \text{ в смену.}$$

Нормативная производительность драглайна в смену:

$$P_9^d = 8 \cdot 100 \cdot \left( \frac{1 - 0,011}{1,9} + \frac{0,011}{2,5} \right) = 419,5 \text{ м}^3 \text{ в смену.}$$

Продолжительность работы экскаватора с обратной лопатой по отрывке траншеи:

$$T_9^o = \frac{48027,2}{443,2} = 108 \text{ смен.}$$

Продолжительность работы драглайна по отрывке траншеи:

$$T_9^d = \frac{48027,2}{419,5} = 114 \text{ смен.}$$

Себестоимость отрывки 1 м<sup>3</sup> грунта траншеи находим по формуле

$$C_{отр} = \frac{1,08 \cdot \Sigma C_{маш} \cdot T_i + 1,5 \cdot \Sigma Z_p}{V}, \quad (5.37)$$

где  $C_{маш.ч}$  – производственная себестоимость машино-часа отдельных машин, входящих в комплект (экскаватор, бульдозер, самосвал);

$T_i$  – продолжительность работы отдельных машин на стройке в сменах;

$\Sigma Z_p$  – заработная плата рабочих, выполняющих ручные работы

$$\Sigma C_{маш}^o \cdot T = 43,28 \cdot 108 + 48,56 \cdot 3 + 36,8 \cdot 1 = 4856,7 \text{ руб.ч,} \quad (5.38)$$

$$\Sigma C_{маш}^d \cdot T = 49,44 \cdot 114 + 48,56 \cdot 3 + 36,8 \cdot 1 = 5818,6 \text{ руб.ч,} \quad (5.39)$$

$$\Sigma Z_p = Z_p \cdot V_p = 0,544 \cdot 299,7 = 163 \text{ руб.}, \quad (5.40)$$

где  $Z_p$  – расценка на разработку  $1 \text{ м}^3$  грунта для немерзлого грунта I группы принимается  $0,544 \text{ руб./м}^3$ ;

$V_p$  – объём грунта подлежащей выемке при прокладке трубопровода

Находим себестоимость отрывки  $1 \text{ м}^3$  грунта траншеи экскаватором с обратной лопатой по формуле (5.37)

$$C_{отр}^o = \frac{1,08 \cdot 4856,7 + 1,5 \cdot 163}{48326,9} = 0,113 \text{ руб./м}^3.$$

Определяем себестоимость отрывки  $1 \text{ м}^3$  грунта траншеи драглайном по формуле (5.36)

$$C_{отр}^d = \frac{1,08 \cdot 5818,6 + 1,5 \cdot 163}{48326,9} = 0,135 \text{ руб./м}^3.$$

Трудоёмкость отрывки  $1 \text{ м}^3$  грунта находим по формуле

$$M_{отр} = \frac{\Sigma M_m + \Sigma M_p}{V}, \quad (5.41)$$

где  $\Sigma M_m$  – затраты труда по управлению и обслуживанию машин, чел.-ч/маш.-ч.

$\Sigma M_p$  – затраты труда на ручные операции, чел.-ч/маш.-ч.

Затраты труда по управлению и обслуживанию машин находим по формуле

$$\Sigma M_m = M_{\text{э}} + M_{\text{б}} + M_{\text{а}} \text{ чел.-ч / маш.-ч}, \quad (5.42)$$

где  $M_{\text{э}}$ ,  $M_{\text{б}}$ ,  $M_{\text{а}}$  – произведение время работы соответствующих машин, выраженное в часах, на затраты труда на обслуживание строительных машин.

Для экскаватора с обратной лопатой затраты труда по управлению и обслуживанию машин будут равны

$$\Sigma M_m^o = 2,69 \cdot 312 + 1,48 \cdot 24 + 1,7 \cdot 8 = 888,4 \text{ чел.-ч / маш.-ч},$$

Для экскаватора-драглайна:

$$\Sigma M_m^{\partial} = 2,69 \cdot 656 + 1,48 \cdot 24 + 1,7 \cdot 8 = 1813,7 \text{ чел.} - \text{ч} / \text{ маш.} - \text{ч},$$

Определяем затраты труда на ручные операции

$$\Sigma M_p = H_{ep} \cdot V_p = 0,9 \cdot 299,7 = 268,38 \text{ чел.} - \text{ч} / \text{ маш.} - \text{ч}, \quad (5.43)$$

где  $H_{ep}$  – норма времени на ручную разработку  $1 \text{ м}^3$  грунта, равна 0,9;

Тогда трудоёмкость отрывки  $1 \text{ м}^3$  грунта для экскаватора с обратной лопатой будет равна

$$M_{отр}^{\partial} = \frac{888,4 + 268,38}{48326,9} = 0,024 \text{ чел.} - \text{ч} / \text{ маш.} - \text{ч},$$

Для экскаватора-драглайна:

$$M_{отр}^{\partial} = \frac{1813,7 + 268,38}{48326,9} = 0,043 \text{ чел.} - \text{ч} / \text{ маш.} - \text{ч}.$$

Результаты проведенного технико-экономического расчета представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Техничко-экомические показатели

Техничко-экомические показатели	Единицы измерения	Экскаватор	
		с обратной лопатой	драглайн
Продолжительность работы, $T$	смена	108	114
Себестоимость разработки, $1 \text{ м}^3$ грунта, $C_{отр}$	руб./ $\text{м}^3$	0,113	0,135
Трудоёмкость разработки $1 \text{ м}^3$ грунта, $M_{отр}$	чел.- ч/ $\text{м}^3$	0,024	0,043

В соответствии с данными таблицы 6.4 принимаем наиболее экономичный вариант - экскаватор с обратной лопатой.

## 5.6 Определение размеров забоя

В зависимости от размеров траншеи и рабочих параметров экскаватора, определяют расчетные параметры забоя, для этого определяют местоположение оси движения экскаватора относительно оси траншеи,

месторасположение отвала относительно бровки траншеи, площадь сечения и размер отвала и ширину забоя.

Расстояние от бровки траншеи до основания отвала находим по формуле

$$a = h_2 \cdot (1 - m) = 7,27 \cdot (1 - 0,85) = 1,09 \text{ м}, \quad (5.45)$$

где  $h_2$  – наибольшая глубина траншеи, 7,2 м.

Расстояние от бровки траншеи до основания отвала принимаем 1 м в целях безопасности.

Общая ширина забоя, включая отвал:

$$A = E_{cp} + a + b = 9,64 + 1 + 11 = 21,64 \text{ м}. \quad (5.46)$$

Положение оси движения экскаватора может быть смещено от оси траншеи на расстояние в сторону отвала, а также может совпадать с осью траншеи, если соблюдается условие  $R_{\text{э}} \geq A_1$ , (6.60)

где  $R_{\text{э}}$  – наибольший радиус выгрузки экскаватора, 7,25 м;

$A_1$  – расстояние, которое определяется по формуле

$$A_1 = \frac{E_{cp}}{2} + a + \frac{b}{2} = \frac{9,64}{2} + 1 + \frac{0,9}{2} = 6,27 \text{ м}. \quad (5.47)$$

Условие выполняется:  $7,25 > 6,27 \text{ м}$ .

## 5.7 Выбор кранового оборудования для монтажа трубопровода

Для укладки труб, монтажа колодцев или арматуры используют автомобильные или пневмоколесные краны, которые выбирают в зависимости от массы самого тяжелого элемента, требуемого вылета стрелы и массы грузозахватных элементов. Самым тяжелым элементом является стеновое кольцо массой 1470 кг.

Требуемая грузоподъемность крана определяется по формуле

$$G = Q \cdot K_{\text{эп}} = 1470 \cdot 1,1 = 1617 \text{ кг}, \quad (5.48)$$

где  $Q$  – масса самого тяжелого элемента (кольца стенового КЦ-20-9) при монтаже трубопровода, кг;

$K_{\text{эп}}$  – коэффициент, учитывающий массу грузозахватных приспособлений, 1,1.

Кран располагается ближе к бровке траншеи, а различные элементы и заготовки труб за ним, ось движения крана расположена параллельно к траншее.

Требуемый вылет стрелы крана:

$$L_c = \frac{b_1}{2} + 1,2 \cdot m \cdot h_2 + \frac{B_{кр}}{2} = \frac{3,7}{2} + 1,2 \cdot 0,85 \cdot 7,27 + \frac{2,5}{2} = 10 \text{ м}, \quad (6.63)$$

где  $b_1$  – ширина котлована по низу, м;

$m$  – заложение откосов траншеи;

$h_2$  – максимальная глубина траншеи, м;

$B_{кр}$  – ширина базы крана (ширина колеи, принимается равной 2,5 м).

Кран подбираем марки КС-3562Б на базе МАЗ-5334 с максимальной грузоподъемностью 10 тонн, длиной стрелы 10 м.

В результате расчетов, окончательным выбором комплекта машин является экскаватор обратная лопата ЭО4121А, объём ковша 1 м<sup>3</sup>; автосамосвал марки КАМАЗ 5111 грузоподъемностью 10 т; бульдозер ДЗ 117; кран КС-3562Б.

Календарный план производства работ и график движения рабочей силы представлены в приложении Е.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе было рассмотрено водоснабжение города численностью 70000 человек. Источником водоснабжения служит река, с расходом воды  $125 \text{ м}^3/\text{с}$ , скоростью  $0,83 \text{ м/с}$ , мутностью  $67 \text{ мг/л}$ , цветностью  $40^\circ$ .

Была запроектирована водопроводная кольцевая сеть из полиэтиленовых труб по ГОСТ 18599-2001\*.

Для забора воды из поверхностного источника запроектировано водозаборное сооружение с русловым водоприемником раздельного типа, с затопленным оголовком и самотечными водоводами.

Насосная станция первого подъема запроектирована отдельностоящей, подобраны два рабочих насоса и один резервный. На чертеже представлен план и разрез насосной станции, габаритные размеры насоса.

Выбрана схема системы водоподготовки, которая состоит из нескольких стадий: микрофiltrация, предварительное обеззараживание гипохлоритом натрия, обработка воды коагулянтами и флокулянтами, осветление и фильтрование в контактных осветлителях, окончательное обеззараживание. В качестве коагулянта принят Бриллиант-50, в качестве флокулянта K6651

Также была разработана схема прокладки полиэтиленового трубопровода диаметром 400 мм и длиной 1425 м на участке 1-3 кольцевой водопроводной сети. Были подобраны механизмы и оборудование, определены объёмы земляных масс, также составлен календарный план производства работ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГН 2.1.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Минздрав России, 2003.
- 2 СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. контроль качества». Минздрав России. М.: 2002г., 103 с.
- 3 СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности.».
- 4 СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности».
- 5 Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник/Б.Н. Репин. – М.: Высш. шк., 1995. – 431 с.
- 6 Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб/Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 116 с.
- 7 Кожинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. М., Стройиздат, 1971. 304 с.
- 8 Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников/Под ред. К.А. Михайлова, А.С. Образовского. – М.: Стройиздат, 1976. – 368 с.
- 9 Водоснабжение/Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
- 10 Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 1. Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001. – 209 с.
- 11 Справочник по эксплуатации систем водоснабжения, канализации газоснабжения /Под ред. С.М. Шифрина. – Л.: Стройиздат, 1976. – 385 с.
- 12 ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы/Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1986. – 224 с
- 13 СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84».
- 14 СП 129.13330.2012 «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. Актуализированная редакция СНиП 3.05.04-85\*».
- 15 ГН 2.1.6. 1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Минздрав России, М.:2003 г.
- 16 СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1– График водопотребления по часам суток.

Часы суток	Хозяйственно – питьевые нужды,		Нужды местной промышл енности	Поливк а улиц и зеленны х насажде ний	Расход на нужды промышленного предприятия		Всего	
	К%	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	Душев ые м <sup>3</sup> /ч	Хозяйств енно- питьевые , м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–1	2,5	523,25	87,20	583,33	7,03	1,625	1202,44	4,50
1–2	2,65	554,65	87,20	583,33		1,625	1226,80	4,60
2–3	2,2	460,46	87,20	583,33		1,625	1132,62	4,26
3–4	2,25	470,93	87,20	583,33		1,625	1143,08	4,30
4–5	3,2	669,76	87,20	583,33		1,625	1341,92	5,00
5–6	3,9	816,27	87,20			1,625	905,10	3,41
6–7	4,5	941,85	87,20			1,625	1030,68	3,88
7–8	5,1	1067,43	87,20			1,625	1156,26	4,35
8–9	5,35	1119,76	87,20		7,03	1,625	1215,61	4,50
9–10	5,85	1224,41	87,20			1,625	1313,23	4,90
10–11	5,35	1119,76	87,20			1,625	1208,58	4,55
11–12	5,25	1098,83	87,20			1,625	1187,65	4,45
12–13	4,6	962,78	87,20			1,625	1051,61	3,96
13–14	4,4	920,92	87,20			1,625	1009,75	3,80
14–15	4,6	962,78	87,20			1,625	1051,61	3,96
15–16	4,6	962,78	87,20			1,625	1051,61	3,96
16–17	4,9	1025,57	87,20		7,03	1,625	1121,43	4,22
17–18	4,8	1004,64	87,20			1,625	1093,47	4,12
18–19	4,7	983,71	87,20			1,625	1072,54	4,04
19–20	4,5	941,85	87,20			1,625	1030,68	3,88
20–21	4,4	920,92	87,20			1,625	1009,75	3,80
21–22	4,2	879,06	87,20			1,625	967,89	3,64
22–23	3,7	774,41	87,20			1,625	863,24	3,25
23–24	2,7	565,11	87,20	583,33		1,625	1237,27	4,66
Итого	100	20930	2093,00	3500	21,09	39	26562,00	100,00

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица 2 – Расчет регулирующей емкости резервуара чистой воды

Часы суток	Подача воды НС-I подъема, %	Поступление воды в РЧВ, %	Расход воды из РЧВ, %	Остаток воды в РЧВ, %
1	2	3	4	5
0–1	4,16	0,34		0,84
1–2	4,16	0,44		1,28
2–3	4,16	0,10		1,38
3–4	4,16	0,14		1,53
4–5	4,16	0,84		2,37
5–6	4,16		-0,75	1,61
6–7	4,17		-0,29	1,32
7–8	4,17	0,18		1,51
8–9	4,17	0,33		1,84
9–10	4,17	0,73		2,57
10–11	4,17	0,38		2,95
11–12	4,17	0,28		3,23
12–13	4,17		-0,21	3,02
13–14	4,17		-0,37	2,65
14–15	4,17		-0,21	2,44
15–16	4,17		-0,21	2,23
16–17	4,17	0,05		2,28
17–18	4,17		-0,05	2,22
18–19	4,17		-0,13	2,09
19–20	4,17		-0,29	1,80
20–21	4,17		-0,37	1,43
21–22	4,17		-0,53	0,91
22–23	4,16		-0,91	0
23–24	4,16	0,50		0,50
Итого	100	4,32	-4,32	0,84

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица 3 – Определение путевых отборов

№ участков	Расчетная длина участка, м	Путевые отборы воды, л/с, при максимальном	
		водоразборе	водоразборе при пожаре
1	2	3	4
1-2	650	30,67	30,67
2-3	775	36,57	36,57
3-4	500	23,59	23,59
4-5	850	40,11	40,11
5-6	850	40,11	40,11
6-7	665	31,38	31,38
7-8	500	23,59	23,59
8-1	725	34,21	34,21
2-9	600	28,31	28,31
8-9	325	15,33	15,33
9-4	700	33,03	33,03
7-5	750	35,39	35,39
Итого:	7890	372,30	372,30

Таблица 4 – Определение узловых расходов

№ узла	№ участка, примыкающего к узлу	Узловые расходы воды, л/с, при максимальном	
		водоразборе	водоразборе при пожаре
1	1-2,1-8	32,44	32,44
2	2-3,2-9,2-1	47,78	47,78
9	9-2,9-8,9-4	38,34	38,34
8	8-1,8-9,8-7	36,57	36,57
3	2-3,3-4	30,08	30,08
4	3-4,4-9,4-5	48,37	48,37
5	4-5,5-6,5-7	57,80	57,80
6	5-6,6-7	35,74	35,74
7	6-7,7-8,7-5	45,18	45,18
Итого		372,30	372,30

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица 5 – Гидравлический расчет сети в час наибольшего водопотребления

№ кольца	№ участка	$l, м$	$q, л/с$	$d, мм$	$v, м/с$	$\delta$	$S_0$	$S = S_0 \cdot \delta \cdot l$	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Предварительное распределение</b>										
I	1-2	650	190,36	400	1,950	0,86	0,2578	0,000144	0,0274	-5,22
	2-9	600	30,00	225	0,972	1,00672	5,231	0,00316	0,0948	-2,84
	9-8	325	50,00	280	1,045	0,99145	1,663	0,000536	0,0268	1,34
	1-8	725	150,00	400	1,536	0,90732	0,2578	0,00017	0,0254	3,82
									<b>0,1744</b>	<b><math>\Delta h = -2,91</math> <math>\Delta q = 8,34</math></b>
II	2-3	775	112,53	400	1,153	0,96987	0,2578	0,000194	0,0218	-2,45
	3-4	500	82,45	355	1,073	0,98613	0,482	0,000238	0,0196	-1,62
	4-9	700	41,66	250	1,090	0,9829	3,004	0,002067	0,0861	3,59
	9-2	600	30,00	225	0,972	1,00672	5,231	0,00316	0,0948	2,84
									<b>0,2223</b>	<b><math>\Delta h = 2,36</math> <math>\Delta q = -5,31</math></b>
III	9-8	325	50,00	280	1,045	0,99145	1,663	0,000536	0,0268	-1,34
	8-7	500	63,43	315	1,045	0,99145	0,8995	0,000446	0,0283	1,79
	7-5	750	7,94	110	1,0786	0,98505	221,4	0,163568	1,2987	-10,31
	5-4	850	75,74	355	0,990	1	0,482	0,00041	0,0310	-2,35
	4-9	700	41,66	250	1,090	0,9829	3,004	0,002067	0,0861	-3,59
									<b>1,4709</b>	<b><math>\Delta h = -15,79</math> <math>\Delta q = 5,37</math></b>
IV	7-5	750	7,94	110	1,0786	0,98505	221,4	0,163568	1,2987	10,31
	5-6	850	10,00	125	1,048	0,99088	112,4	0,094669	0,9467	-9,47
	6-7	665	26,19	200	1,074	0,98594	9,677	0,006345	0,1662	4,35
									<b>2,4116</b>	<b><math>\Delta h = 5,20</math> <math>\Delta q = -1,08</math></b>

Таблица 6 – Продолжение гидравлического расчета сети в час наибольшего водопотребления

№ кольца	№ участка	$\Delta q, л/с$	$\Delta q_{смеся}, л/с$	$q, л/с$	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7
<b>I исправление</b>						
I	1-2	-8,34		182,02	0,026231	-4,77
	2-9	-8,34	-5,31	16,35	0,051661	-0,84
	9-8	8,34	-5,37	52,97	0,028384	1,50
	1-8	8,34		158,34	0,026852	4,25
					<b>0,133128</b>	<b><math>\Delta h = 0,14</math> <math>\Delta q = -0,51</math></b>
II	2-3	5,31		117,84	0,022835	-2,69
	3-4	5,31		87,76	0,020857	-1,83
	4-9	-5,31	-5,37	30,98	0,064031	1,98

Продолжение таблицы 6

№ кольца	№ участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q_{\text{смеж}}$ л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7
	9-2	-5,31	-8,34	16,35	0,051661	0,84
					<b>0,159383</b>	<b><math>\Delta h = -1,69</math> <math>\Delta q = 5,31</math></b>
III	9-8	-5,37	8,34	52,97	0,028385	-1,50
	8-7	5,37		68,80	0,030678	2,11
	7-5	-5,37	-1,08	1,49	0,243716	-0,36
	5-4	-5,37		70,37	0,028831	-2,03
	4-9	-5,37	-5,31	30,98	0,064031	-1,98
					<b>0,39564</b>	<b><math>\Delta h = -3,77</math> <math>\Delta q = 4,76</math></b>
IV	7-5	-1,08	-5,37	1,49	0,244124	0,36
	5-6	1,08		11,08	1,048929	-11,62
	6-7	-1,08		25,11	0,159316	4,00
					<b>1,293053</b>	<b><math>\Delta h = -7,26</math> <math>\Delta q = 2,8</math></b>
<b>II исправление</b>						
I	1-2	0		182,02	0,026231	-4,77
	2-9	0,51	5,31	22,17	0,070054	-1,55
	9-8	-0,51	-4,76	47,70	0,02556	1,22
	1-8	0		158,34	0,026852	4,25
					<b>0,148697</b>	<b><math>\Delta h = -0,86</math> <math>\Delta q = 2,88</math></b>
II	2-3	-5,31		112,53	0,021806	-2,45
	3-4	-5,31		82,45	0,019595	-1,62
	4-9	5,31	-4,76	31,53	0,065168	2,05
	9-2	5,31	0,51	22,17	0,07005	1,55
					<b>0,176618</b>	<b><math>\Delta h = -0,46</math> <math>\Delta q = 1,31</math></b>
III	9-8	-4,76	-0,51	47,70	0,025559	-1,22
	8-7	4,76		73,56	0,032801	2,41
	7-5	-4,76	2,8	0,47	0,076877	0,04
	5-4	-4,76		65,61	0,02688	-1,76
	4-9	-4,76	5,31	31,53	0,065168	-2,05
					<b>0,227285</b>	<b><math>\Delta h = -2,59</math> <math>\Delta q = 5,69</math></b>
IV	7-5	2,80	-4,76	0,47	0,076877	-0,04
	5-6	-2,80		8,27	0,783262	-6,48
	6-7	2,80		27,91	0,177081	4,94
					<b>1,03722</b>	<b><math>\Delta h = -1,57</math> <math>\Delta q = 0,76</math></b>
<b>III исправление</b>						
I	1-2	-2,88		179,14	0,025816	-4,62
	2-9	-2,88	1,31	20,60	0,065093	-1,34
	9-8	2,88	-5,69	44,89	0,024054	1,08
	1-8	2,88		161,22	0,02734	4,41

Продолжение таблицы 6

№ кольца	№ участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q_{\text{смеж.}}$ л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7
					<b>0,142303</b>	<b><math>\Delta h = -0,48</math> <math>\Delta q = 1,68</math></b>
II	2-3	0		112,53	0,021806	-2,45
	3-4	0		82,45	0,019595	-1,62
	4-9	1,31	-5,69	27,15	0,056108	1,52
	9-2	1,31	-2,88	20,60	0,06509	1,34
					<b>0,162599</b>	<b><math>\Delta h = -1,21</math> <math>\Delta q = 3,71</math></b>
III	9-8	-5,69	2,88	44,88	0,024051	-1,08
	8-7	5,69		79,25	0,035338	2,80
	7-5	5,69	-0,76	5,40	0,883265	4,77
	5-4	-5,69		59,92	0,024549	-1,47
	4-9	-5,69	1,31	27,15	0,056115	-1,52
					<b>0,967203</b>	<b><math>\Delta h = 3,50</math> <math>\Delta q = -1,81</math></b>
IV	7-5	-0,76	5,69	5,40	0,883446	-4,77
	5-6	-0,76		7,51	0,711313	-5,34
	6-7	0,76		28,67	0,181903	5,22
					<b>1,776663</b>	<b><math>\Delta h = -4,90</math> <math>\Delta q = 1,38</math></b>
<b>IV исправление</b>						
I	1-2	0		179,14	0,025816	-4,62
	2-9	-1,68	3,71	22,63	0,071508	-1,62
	9-8	1,68	1,81	48,38	0,025925	1,25
	1-8	0		161,22	0,02734	4,41
					<b>0,150588</b>	<b><math>\Delta h = -0,58</math> <math>\Delta q = 1,93</math></b>
II	2-3	-3,71		108,82	0,021087	-2,29
	3-4	-3,71		78,74	0,018713	-1,47
	4-9	3,71	1,81	32,67	0,067517	2,21
	9-2	3,71	-1,68	22,63	0,071504	1,62
					<b>0,178822</b>	<b><math>\Delta h = 0,06</math> <math>\Delta q = -0,15</math></b>
III	9-8	1,81	1,68	48,37	0,02592	-1,25
	8-7	-1,81		77,44	0,034531	2,67
	7-5	-1,81	-1,38	2,21	0,361484	0,80
	5-4	1,81		61,73	0,025291	-1,56
	4-9	1,81	3,71	32,67	0,067524	-2,21
					<b>0,51475</b>	<b><math>\Delta h = -1,55</math> <math>\Delta q = 1,5</math></b>
IV	7-5	-1,38	-1,81	2,21	0,361783	-0,80
	5-6	-1,38		6,13	0,580671	-3,56
	6-7	1,38		30,05	0,190659	5,73
					<b>1,133113</b>	<b><math>\Delta h = 1,37</math> <math>\Delta q = -0,6</math></b>

Продолжение таблицы 6

№ кольца	№ участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q_{\text{смеж.}}$ л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7
<b>V исправление</b>						
I	1-2	0		179,14	0,025816	-4,62
	2-9	0		22,63	0,071508	-1,62
	9-8	1,93	-1,5	48,81	0,026154	1,28
	1-8	0		161,22	0,02734	4,41
					<b>0,150817</b>	<b><math>\Delta h = -0,56</math> <math>\Delta q = 1,85</math></b>
II	2-3	0		108,82	0,021087	-2,29
	3-4	0		78,74	0,018713	-1,47
	4-9	-0,15	-1,5	31,01	0,064097	1,99
	9-2	0		22,63	0,071504	1,62
					<b>0,175401</b>	<b><math>\Delta h = -0,16</math> <math>\Delta q = 0,46</math></b>
III	9-8	-1,50	1,93	48,80	0,026148	-1,28
	8-7	1,50		78,94	0,0352	2,78
	7-5	1,50	0,6	4,31	0,704976	3,04
	5-4	-1,50		60,23	0,024676	-1,49
	4-9	-1,50	-0,15	31,02	0,064113	-1,99
					<b>0,855114</b>	<b><math>\Delta h = 1,07</math> <math>\Delta q = -0,62</math></b>
IV	7-5	0,60	1,5	4,32	0,705831	-3,05
	5-6	0,60		6,73	0,637472	-4,29
	6-7	-0,60		29,45	0,186852	5,50
					<b>1,530155</b>	<b><math>\Delta h = -1,84</math> <math>\Delta q = 0,6</math></b>
<b>VI исправление</b>						
I	1-2	0		179,14	0,025816	-4,62
	2-9	0		22,63	0,071508	-1,62
	9-8	1,85	0,62	51,28	0,027479	1,41
	1-8	0		161,22	0,02734	4,41
					<b>0,152142</b>	<b><math>\Delta h = -0,43</math> <math>\Delta q = 1,4</math></b>
II	2-3	0		108,82	0,021087	-2,29
	3-4	0		78,74	0,018713	-1,47
	4-9	0,46	0,62	32,09	0,066335	2,13
	9-2	0		22,63	0,071504	1,62
					<b>0,177639</b>	<b><math>\Delta h = -0,02</math> <math>\Delta q = 0,06</math></b>
III	9-8	0,62	1,85	51,27	0,027474	-1,41
	8-7	-0,62		78,32	0,034923	2,74
	7-5	-0,62	-0,60	3,09	0,505424	1,56
	5-4	0,62		60,85	0,02493	-1,52
	4-9	0,62	0,46	32,10	0,066346	-2,13
					<b>0,659097</b>	<b><math>\Delta h = -0,76</math> <math>\Delta q = 0,58</math></b>

Продолжение таблицы 6

№ кольца	№ участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q_{\text{смеж.}}$ л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7
IV	7-5	-0,60	-0,62	3,10	0,506311	-1,57
	5-6	-0,60		6,13	0,580671	-3,56
	6-7	0,60		30,05	0,190659	5,73
					<b>1,277641</b>	<b><math>\Delta h = 0,6</math> <math>\Delta q = -0,23</math></b>
<b>VII исправление</b>						
I	1-2	0		179,14	0,025816	-4,62
	2-9	0		22,63	0,071508	-1,62
	9-8	1,40	-0,58	52,10	0,027918	1,45
	1-8	0		161,22	0,02734	4,41
					<b>0,152581</b>	<b><math>\Delta h = -0,38</math> <math>\Delta q = 1,25</math></b>
II	2-3	0		108,82	0,021087	-2,29
	3-4	0		78,74	0,018713	-1,47
	4-9	0,06	-0,58	31,57	0,065259	2,06
	9-2	0		22,63	0,071504	1,62
					<b>0,176564</b>	<b><math>\Delta h = -0,09</math> <math>\Delta q = 0,25</math></b>
III	9-8	-0,58	1,40	52,10	0,027916	-1,45
	8-7	0,58		78,90	0,035182	2,78
	7-5	0,58	0,23	3,90	0,637913	2,49
	5-4	-0,58		60,27	0,024693	-1,49
	4-9	-0,58	0,06	31,58	0,065271	-2,06
					<b>0,790975</b>	<b><math>\Delta h = 0,26</math> <math>\Delta q = -0,16</math></b>
IV	7-5	0,23	0,58	3,91	0,639612	-2,50
	5-6	0,23		6,36	0,602444	-3,83
	6-7	-0,23		29,82	0,1892	5,64
					<b>1,431256</b>	<b><math>\Delta h = -0,69</math> <math>\Delta q = 0,24</math></b>
<b>VIII исправление</b>						
I	1-2	0		179,14	0,025816	-4,62
	2-9	0		22,63	0,071508	-1,62
	9-8	0		52,10	0,027918	1,45
	1-8	0		161,22	0,02734	4,41
					<b>0,152581</b>	<b><math>\Delta h = -0,38</math></b>
II	2-3	0		108,82	0,021087	-2,29
	3-4	0		78,74	0,018713	-1,47
	4-9	0		31,57	0,065259	2,06
	9-2	0		22,63	0,071504	1,62
					<b>0,176564</b>	<b><math>\Delta h = -0,09</math></b>



Окончание таблицы 6

<i>№ кольца</i>	<i>№ участка</i>	<i><math>\Delta q</math>, л/с</i>	<i><math>\Delta q_{\text{смеж.}}</math> л/с</i>	<i><math>q</math>, л/с</i>	<i><math>S \cdot q</math></i>	<i><math>h = S \cdot q^2</math></i>
III	9-8	0		52,10	0,027916	-1,45
	8-7	0		78,90	0,035182	2,78
	7-5	-0,16	-0,24	3,50	0,57178	2,00
	5-4	0		60,27	0,024693	-1,49
	4-9	0		31,58	0,065271	-2,06
					<b>0,724841</b>	<b><math>\Delta h = -0,23</math></b>
IV	7-5	-0,24	-0,16	3,51	0,573844	-2,01
	5-6	-0,24		6,12	0,579724	-3,55
	6-7	0,24		30,06	0,190722	5,73
					<b>1,34429</b>	<b><math>\Delta h = 0,17</math></b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица 7 - Гидравлический расчет сети в час наибольшего водопотребления при пожаре

№ кольц а	№ учас тка	$l, м$	$q, л/с$	$d, мм$	$v, м/с$	$\delta$	$S_0$	$S = S_0 \cdot \delta \cdot l$	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Предварительное распределение</b>										
<b>I</b>	1-2	650	207,86	400	2,728	0,79704	0,2578	0,000134	0,0278	-5,77
	2-9	600	30,00	225	0,972	1,00672	5,231	0,00316	0,0948	-2,84
	9-8	325	50,00	280	1,045	0,99145	1,663	0,000536	0,0268	1,34
	1-8	725	167,5	400	1,716	0,88524	0,2578	0,000165	0,0277	4,64
									<b>0,1771</b>	<b><math>\Delta h = -2,63</math> <math>\Delta q = 7,43</math></b>
<b>II</b>	2-3	775	130,08	400	1,331	0,93773	0,2578	0,000187	0,0244	-3,17
	3-4	500	100,00	355	1,301	0,942	0,482	0,000227	0,0227	-2,27
	4-9	700	41,66	250	1,09	0,9829	3,004	0,002067	0,0861	3,59
	9-2	600	30,00	225	0,972	1,00672	5,231	0,00316	0,0948	2,84
									<b>0,2280</b>	<b><math>\Delta h = 0,99</math> <math>\Delta q = -2,17</math></b>
<b>III</b>	9-8	325	50,00	280	1,045	0,99145	1,663	0,000536	0,0268	-1,34
	8-7	500	80,93	315	1,337	0,93671	0,8995	0,000421	0,0341	2,76
	7-5	750	7,94	110	1,0786	0,98505	221,4	0,163568	1,2987	-10,31
	5-4	850	93,29	355	1,21	0,9583	0,482	0,000393	0,0366	-3,42
	4-9	700	41,66	250	1,09	0,9829	3,004	0,002067	0,0861	-3,59
									<b>1,4823</b>	<b><math>\Delta h = -15,90</math> <math>\Delta q = 5,36</math></b>
<b>IV</b>	7-5	750	7,94	110	1,0786	0,98505	221,4	0,163568	1,2987	10,31
	5-6	850	27,55	125	2,246	0,83286	112,4	0,079571	2,1922	-60,39
	6-7	665	43,69	200	1,792	0,87688	9,677	0,005643	0,2465	10,77
									<b>3,7375</b>	<b><math>\Delta h = -39,31</math> <math>\Delta q = 5,26</math></b>

Таблица 8 – Продолжение гидравлического расчета сети в час наибольшего водопотребления

№ кольца	№ участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q_{\text{смеж}}$ , л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7
<b>I исправление</b>						
I	1-2	-7,43		200,43	0,026769	-5,37
	2-9	-7,43	-2,17	20,40	0,064458	-1,31
	9-8	7,43	-5,36	52,07	0,027902	1,45
	1-8	7,43		174,93	0,028943	5,06
					<b>0,148072</b>	<b><math>\Delta h = -0,16</math> <math>\Delta q = 0,55</math></b>
II	2-3	2,17		132,25	0,024778	-3,28
	3-4	2,17		102,17	0,023195	-2,37
	4-9	-2,17	-5,36	34,13	0,070541	2,41
	9-2	-2,17	-7,43	20,40	0,064458	1,31
					<b>0,182972</b>	<b><math>\Delta h = -1,92</math> <math>\Delta q = 5,26</math></b>
III	9-8	-5,36	7,43	52,07	0,027901	-1,45
	8-7	5,36		86,29	0,036353	3,14
	7-5	-5,36	5,26	7,84	1,28237	-10,05
	5-4	-5,36		87,93	0,034523	-3,04
	4-9	-5,36	-2,17	34,13	0,070541	-2,41
					<b>1,451687</b>	<b><math>\Delta h = -13,81</math> <math>\Delta q = 4,76</math></b>
IV	7-5	5,26	-5,36	7,84	1,282232	10,05
	5-6	-5,26		22,29	1,773647	-39,53
	6-7	5,26		48,95	0,27622	13,52
					<b>3,3321</b>	<b><math>\Delta h = -15,96</math> <math>\Delta q = 2,4</math></b>
<b>II исправление</b>						
I	1-2	0		200,43	0,026769	-5,37
	2-9	-0,55	5,26	25,11	0,07934	-1,99
	9-8	0,55	-4,76	47,86	0,025646	1,23
	1-8	0		174,93	0,028943	5,06
					<b>0,160698</b>	<b><math>\Delta h = -1,07</math> <math>\Delta q = 3,32</math></b>
II	2-3	-5,26		126,99	0,023793	-3,02
	3-4	-5,26		96,91	0,022001	-2,13
	4-9	5,26	-4,76	34,63	0,071575	2,48
	9-2	5,26	-0,55	25,11	0,07934	1,99
					<b>0,196708</b>	<b><math>\Delta h = -0,68</math> <math>\Delta q = 1,74</math></b>
III	9-8	-4,76	0,55	47,86	0,025646	-1,23
	8-7	4,76		91,05	0,038358	3,49
	7-5	-4,76	2,40	5,48	0,89635	-4,91
	5-4	-4,76		83,17	0,032654	-2,72
	4-9	-4,76	5,26	34,63	0,071575	-2,48

Продолжение таблицы 8

№ кольца	№ участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q_{\text{смеж.}}$ л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7
					<b>1,064583</b>	<b><math>\Delta h = -7,84</math> <math>\Delta q = 3,68</math></b>
IV	7-5	2,40	-4,76	5,47	0,895426	4,90
	5-6	-2,40		19,89	1,582676	-31,48
	6-7	2,40		51,35	0,289763	14,88
					<b>2,767865</b>	<b><math>\Delta h = -11,70</math> <math>\Delta q = 2,11</math></b>
<b>III исправление</b>						
I	1-2	-3,32		197,11	0,026325	-5,19
	2-9	-3,32	1,74	23,53	0,074348	-1,75
	9-8	3,32	-3,68	47,50	0,025453	1,21
	1-8	3,32		178,25	0,029492	5,26
					<b>0,155619</b>	<b><math>\Delta h = -0,47</math> <math>\Delta q = 1,52</math></b>
II	2-3	-1,74		125,26	0,023468	-2,94
	3-4	-1,74		95,17	0,021606	-2,06
	4-9	1,74	-3,68	32,69	0,067565	2,21
	9-2	1,74	-3,32	23,53	0,074348	1,75
					<b>0,186986</b>	<b><math>\Delta h = -1,04</math> <math>\Delta q = 2,77</math></b>
III	9-8	-3,68	3,32	47,50	0,025452	-1,21
	8-7	3,68		94,73	0,039908	3,78
	7-5	-3,68	2,11	3,91	0,639549	-2,50
	5-4	-3,68		79,49	0,031209	-2,48
	4-9	-3,68	1,74	32,69	0,067565	-2,21
					<b>0,803683</b>	<b><math>\Delta h = -4,62</math> <math>\Delta q = 2,87</math></b>
IV	7-5	2,11	-3,68	3,91	0,639151	2,50
	5-6	-2,11		17,78	1,41478	-25,15
	6-7	2,11		53,46	0,30167	16,13
					<b>2,355601</b>	<b><math>\Delta h = -6,53</math> <math>\Delta q = 1,39</math></b>
<b>IV исправление</b>						
I	1-2	0		197,11	0,026325	-5,19
	2-9	-1,52	2,77	24,78	0,078306	-1,94
	9-8	1,52	-2,87	46,15	0,02473	1,14
	1-8	0		178,25	0,029492	5,26
					<b>0,158853</b>	<b><math>\Delta h = -0,73</math> <math>\Delta q = 2,3</math></b>
II	2-3	-2,77		122,48	0,022948	-2,81
	3-4	-2,77		92,40	0,020977	-1,94
	4-9	2,77	-2,87	32,59	0,067358	2,20
	9-2	2,77	-1,52	24,78	0,078297	1,94
					<b>0,18958</b>	<b><math>\Delta h = -0,61</math> <math>\Delta q = 1,62</math></b>

Продолжение таблицы 8

№ кольца	№ участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q_{\text{смеж.}}$ л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7
III	9-8	-2,87	1,52	46,14	0,024727	-1,14
	8-7	2,87		97,60	0,041117	4,01
	7-5	-2,87	1,39	2,43	0,397469	-0,97
	5-4	-2,87		76,62	0,030082	-2,30
	4-9	-2,87	2,77	32,59	0,067358	-2,20
					<b>0,560754</b>	<b><math>\Delta h = -2,59</math> <math>\Delta q = 2,31</math></b>
IV	7-5	1,39	-2,87	2,42	0,396427	0,96
	5-6	-1,39		16,39	1,304176	-21,38
	6-7	1,39		54,85	0,309513	16,98
					<b>2,010116</b>	<b><math>\Delta h = -3,44</math> <math>\Delta q = 0,86</math></b>
<b>V исправление</b>						
I	1-2	-2,30		194,80	0,026018	-5,07
	2-9	-2,30	1,62	24,10	0,076157	-1,84
	9-8	2,30	-2,31	46,14	0,024724	1,14
	1-8	2,30		180,55	0,029873	5,39
					<b>0,156772</b>	<b><math>\Delta h = -0,37</math> <math>\Delta q = 1,18</math></b>
II	2-3	-1,62		120,87	0,022645	-2,74
	3-4	-1,62		90,78	0,020609	-1,87
	4-9	1,62	-2,31	31,90	0,065932	2,10
	9-2	1,62	-2,30	24,10	0,076149	1,84
					<b>0,185335</b>	<b><math>\Delta h = -0,67</math> <math>\Delta q = 1,81</math></b>
III	9-8	-2,31	2,30	46,13	0,02472	-1,14
	8-7	2,31		99,91	0,042091	4,21
	7-5	-2,31	0,86	0,98	0,160296	-0,16
	5-4	-2,31		74,31	0,029175	-2,17
	4-9	-2,31	1,62	31,90	0,065932	-2,10
					<b>0,322214</b>	<b><math>\Delta h = -1,36</math> <math>\Delta q = 2,12</math></b>
IV	7-5	0,86	-2,31	0,97	0,158459	0,15
	5-6	-0,86		15,53	1,235745	-19,19
	6-7	0,86		55,71	0,314366	17,51
					<b>1,708569</b>	<b><math>\Delta h = -1,52</math> <math>\Delta q = 0,45</math></b>
<b>VI исправление</b>						
I	1-2	0		194,80	0,026018	-5,07
	2-9	-1,18	1,81	24,73	0,078148	-1,93
	9-8	1,18	-2,12	45,20	0,024221	1,09
	1-8	0		180,55	0,029873	5,39
					<b>0,158259</b>	<b><math>\Delta h = -0,51</math> <math>\Delta q = 1,62</math></b>

Продолжение таблицы 8

№ кольца	№ участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q_{\text{смеж.}}$ л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7
II	2-3	-1,81		119,06	0,022306	-2,66
	3-4	-1,81		88,97	0,020198	-1,80
	4-9	1,81	-2,12	31,59	0,065292	2,06
	9-2	1,81	-1,18	24,73	0,078139	1,93
					<b>0,185935</b>	<b><math>\Delta h = -0,46</math> <math>\Delta q = 1,23</math></b>
III	9-8	-2,12	1,18	45,20	0,024218	-1,09
	8-7	2,12		102,03	0,042984	4,39
	7-5	-2,12	0,45	0,69	0,112862	0,08
	5-4	-2,12		72,19	0,028343	-2,05
	4-9	-2,12	1,81	31,59	0,065292	-2,06
					<b>0,273698</b>	<b><math>\Delta h = -0,74</math> <math>\Delta q = 1,35</math></b>
IV	7-5	0,45	-2,12	0,71	0,115343	-0,08
	5-6	-0,45		15,08	1,199937	-18,10
	6-7	0,45		56,16	0,316905	17,80
					<b>1,632185</b>	<b><math>\Delta h = -0,38</math> <math>\Delta q = 0,12</math></b>
<b>VII исправление</b>						
I	1-2	0		194,80	0,026018	-5,07
	2-9	0		24,73	0,078148	-1,93
	9-8	1,62	-1,35	45,47	0,024365	1,11
	1-8	0		180,55	0,029873	5,39
					0,158404	<b><math>\Delta h = -0,50</math> <math>\Delta q = 1,58</math></b>
II	2-3	0		119,06	0,022306	-2,66
	3-4	0		88,97	0,020198	-1,80
	4-9	1,23	-1,35	31,47	0,065046	2,05
	9-2	0		24,73	0,078139	1,93
					0,18569	<b><math>\Delta h = -0,47</math> <math>\Delta q = 2,55</math></b>
III	9-8	-1,35	1,62	45,46	0,024362	-1,11
	8-7	1,35		103,38	0,043552	4,50
	7-5	1,35	-0,12	1,92	0,31405	0,60
	5-4	-1,35		70,84	0,027813	-1,97
	4-9	-1,35	1,23	31,47	0,065044	-2,05
					0,474821	<b><math>\Delta h = -0,02</math> <math>\Delta q = 0,02</math></b>
IV	7-5	-0,12				
	5-6	0	1,35	1,94	0,317169	-0,62
	6-7	0		15,08	1,199937	-18,10
					1,834012	<b><math>\Delta h = -0,91</math> <math>\Delta q = 0,25</math></b>

## Окончание таблицы 8

VIII исправление						
I	1-2	0		194,80	0,026018	-5,07
	2-9	0		24,73	0,078148	-1,93
	9-8	0		45,47	0,024365	1,11
	1-8	0		180,55	0,029873	5,39
					<b>0,158404</b>	<b><math>\Delta h = -0,50</math></b>
II	2-3	0		119,06	0,022306	-2,66
	3-4	0		88,97	0,020198	-1,80
	4-9	0		31,47	0,065046	2,05
	9-2	0		24,73	0,078139	1,93
					<b>0,18569</b>	<b><math>\Delta h = -0,47</math></b>
III	9-8	0		45,46	0,024362	-1,11
	8-7	0		103,38	0,043552	4,50
	7-5	0,02	-0,25	1,69	0,276495	0,47
	5-4	0		70,84	0,027813	-1,97
	4-9	0		31,47	0,065044	-2,05
					<b>0,437266</b>	<b><math>\Delta h = -0,15</math></b>
IV	7-5	-0,25	0,02	1,71	0,279742	-0,48
	5-6	-0,25		14,83	1,180045	-17,50
	6-7	0,25		56,41	0,318316	17,96
					<b>1,778103</b>	<b><math>\Delta h = -0,02</math></b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица 9 – Календарный план производства работ

[illegible]



## Продолжение таблицы 9

[illegible]

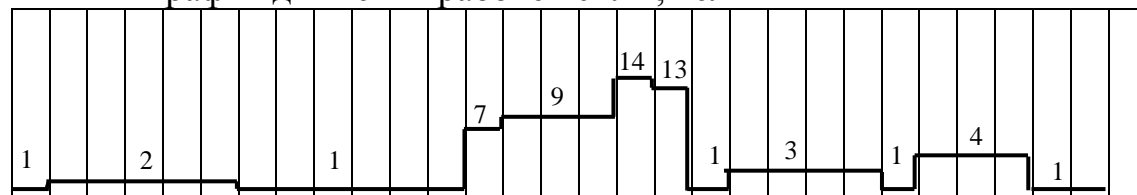
## Продолжение таблицы 9

№	Наименование работ	Объем работ		Норма веремни, чел-ч.	Трудоемкость, чел-ч.	Наименование машин	Продолжительность работ, дней	Количество смен	Кол-ворабочих в смену	Состав бригады	Июнь																													
		Ед.изм	Кол-во								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
9	Засыпка грунтом пазух трубопровода с трамбованием	1 м³	142,50	1,2	171,0	Вручную	2	3	4	Землекоп 3 разряда											4х3																			
10	Предварительные гидравлические испытания	1 км	1,43	130	185,3		4	2	3	Монтажник наружных трубопроводов 5 разряда														3х2																
11	Засыпка траншеи с помощью бульдозера	100 м³	5,35	1,2	6,4	ДЗ-117	1	3	1	Машины 6 разряда																		1х3												

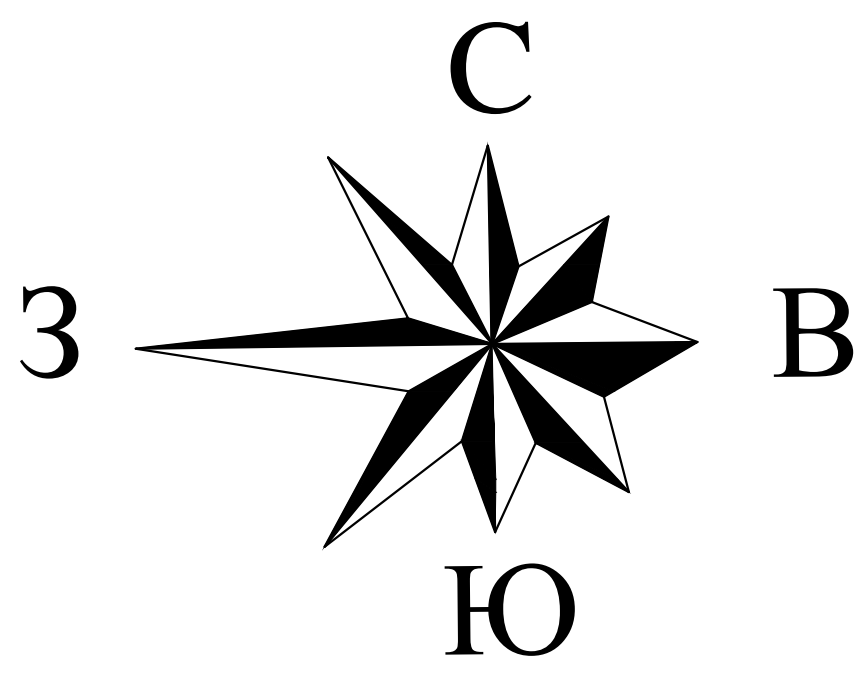
Окончание таблицы 9

[illegible]

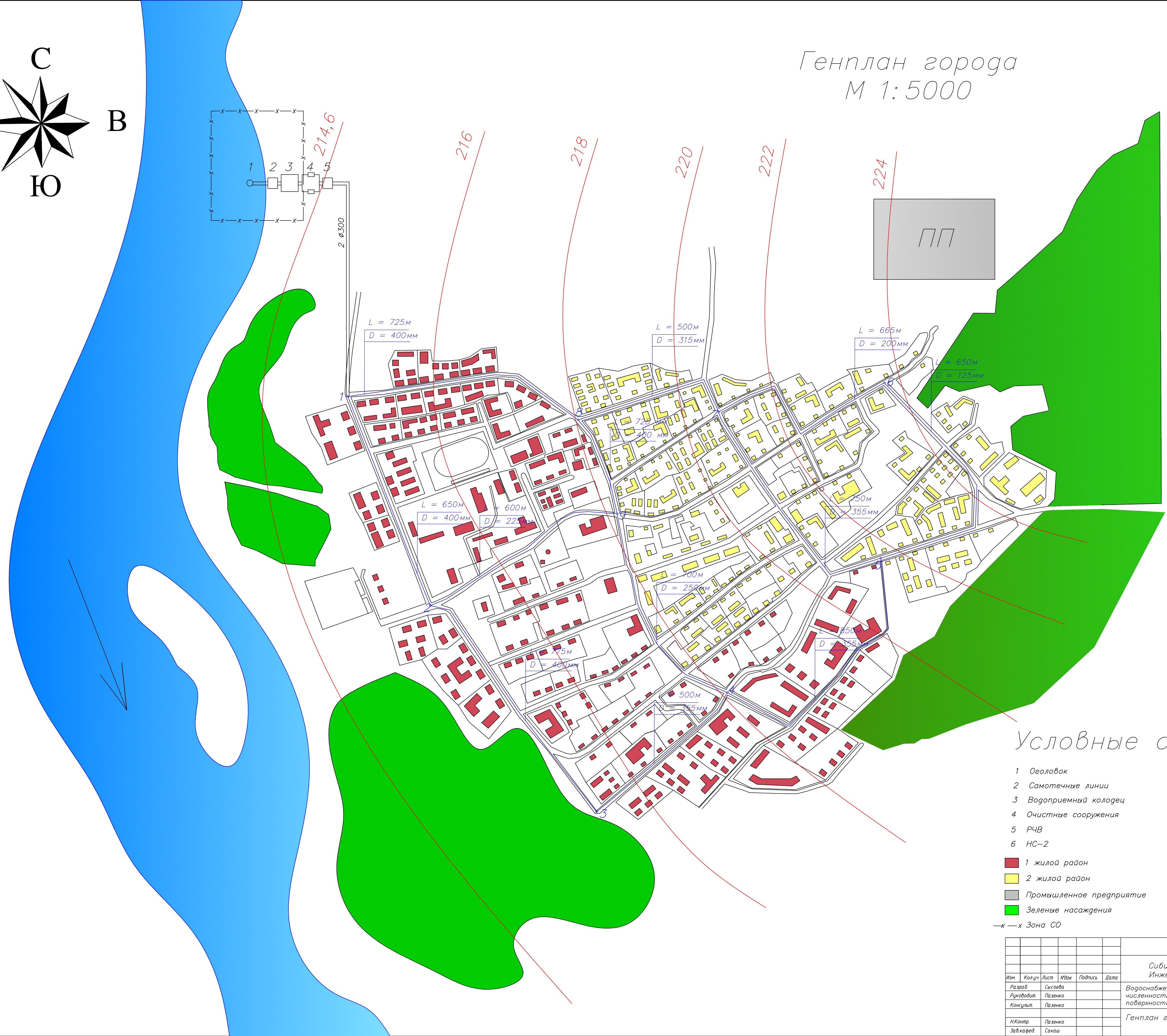
График движения рабочей силы, чел







# Генплан города М 1:5000



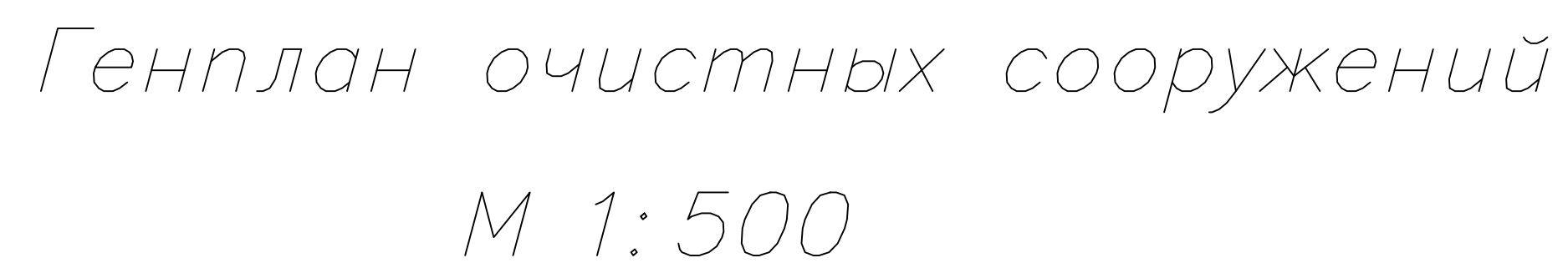
## Условные обозначения

- 1 Оголовок
- 2 Самотечные линии
- 3 Водоприемный колодец
- 4 Очистные сооружения
- 5 РЧВ
- 6 НС-2
- 1 жилой район
- 2 жилой район
- Промышленное предприятие
- Зеленые насаждения
- х—х Зона СО

						ВКР – 08.03.01.06			
						Сибирский федеральный университет Инженерно – строительный институт			
Изм.	Кол.уч.	Лист	Мдк	Подпись	Дата	Водоснабжение города численностью 70000 человек из поверхностного источника	Стадия	Лист	Листов
Разраб		Сисоева							
Руководит		Пазенко						1	6
Консульт		Пазенко				Генплан города	Кафедра ИСЗиС		
Н.Контр.		Пазенко							
Зав.кафед		Сакаш							

инд. N подг. | подпись и дата | Взам. инд. N



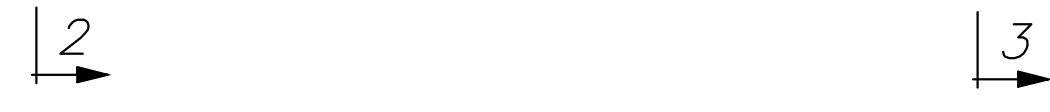


- В7 — Трубопровод сырой воды  
— В1 — Трубопровод чистой воды  
— К2 — Трубопровод производственной канализации  
— К1 — Трубопровод бытовых канализации  
— К3 — Трубопровод дождевой канализации  
— В3 — Трубопровод промывной воды  
— Р5 — Трубопровода хлорной воды

## Экспликация зданий и сооружений

№	Наименование здания (сооружения)	№ типового проекта
1	Главный корпус станции очистки воды поверхностных источников	901-3-250.88
2	Электролизная получения гипохлорита натрия	901-7-6.84
3	Резервуары для воды прямоугольные железобетонные сборные	901-4-74.83
4	Котельная с четырьмя котлами	903-1-23
5	Резервуар для промывной воды	901-3-147
6	Башня для хранения промывной воды с баком емкостью 500м <sup>3</sup>	901-3-157
7	Шламоуплотнитель	901-3-25

						ВКР – 08.03.01.06				
						Сибирский федеральный университет Инженерно – строительный институт				
Изм.	Колуч	Лист	МЗак	Подпись	Дата	Водоснабжение города численностью 70000 человек из поверхностного источника	Стация	Лист	Листов	
Разраб		Сисова							6	6
Руководит		Пазенко								
Консульт		Пазенко								
Н.Контр		Пазенко				Генплан очистных сооружений	Кафедра ИСЗиС			
Зав.кафед		Сакаш								

$$\begin{array}{c} \rightarrow \\ | \\ 2 \end{array} \qquad \begin{array}{c} \rightarrow \\ | \\ 3 \end{array}$$


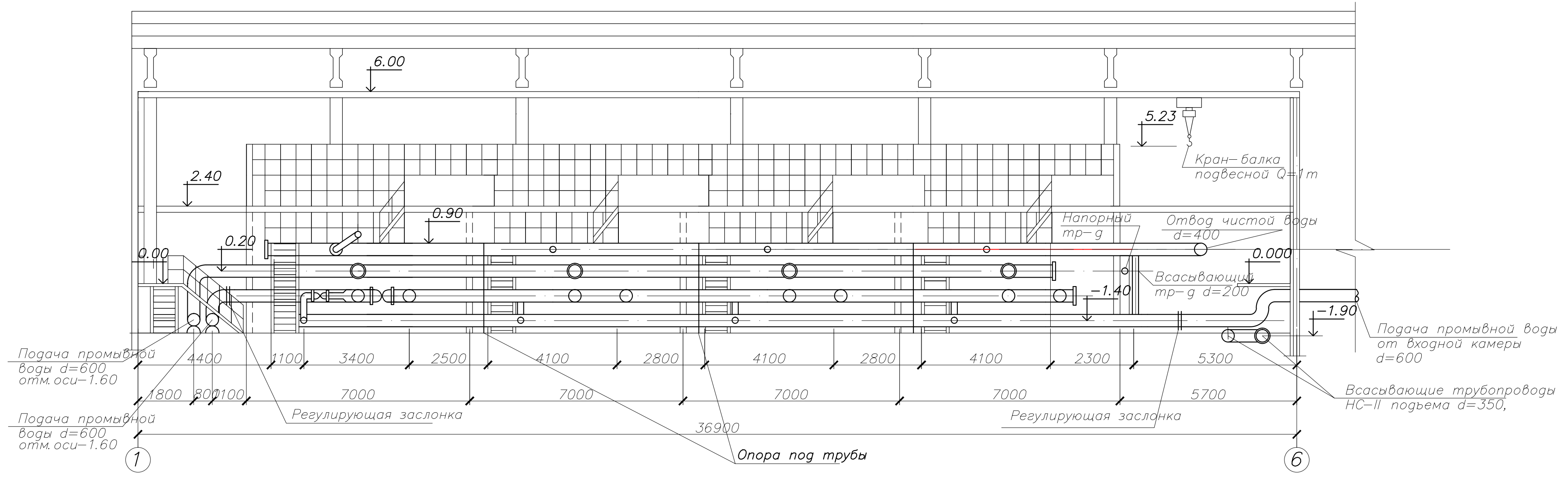




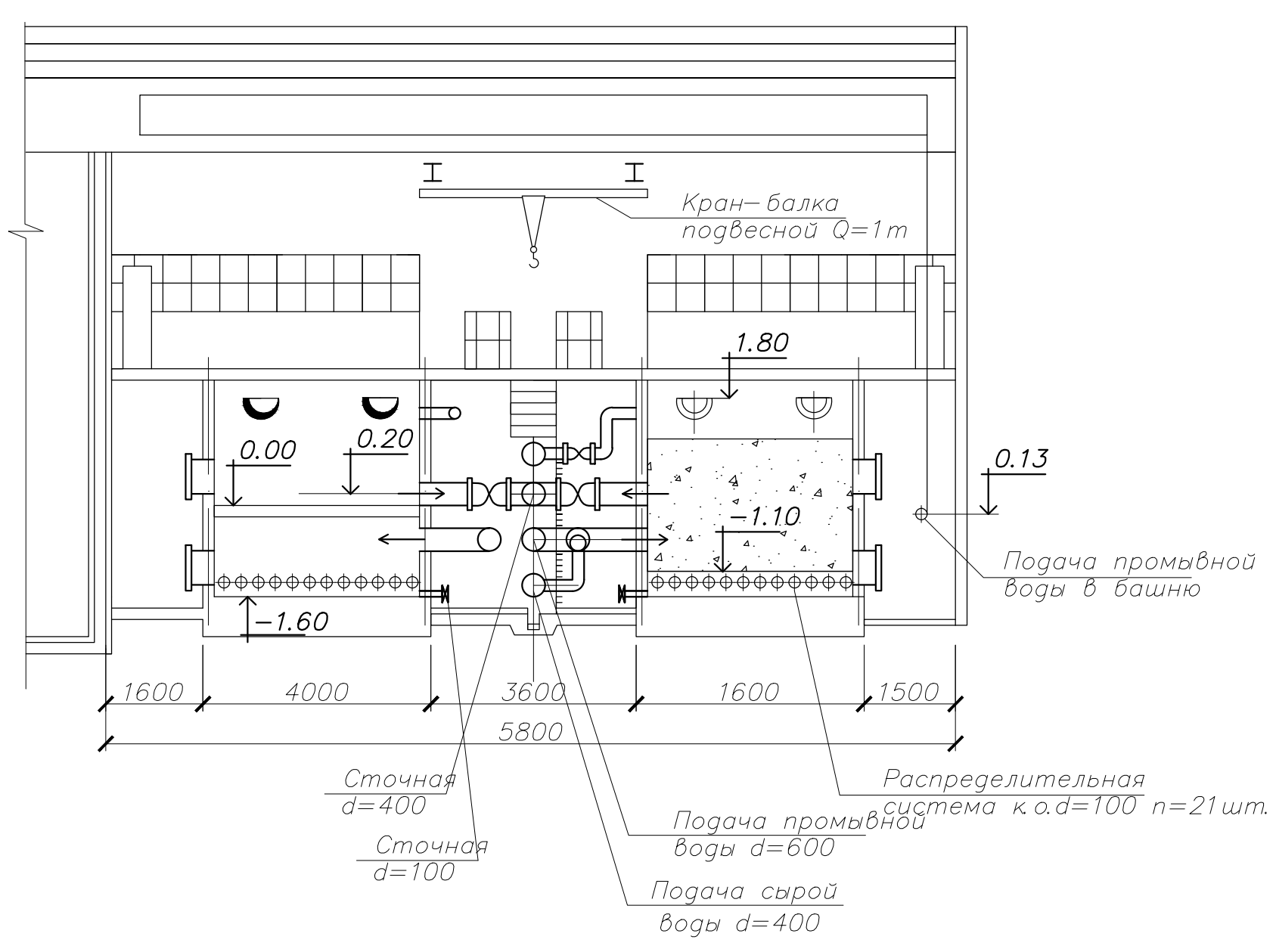


Формат А1

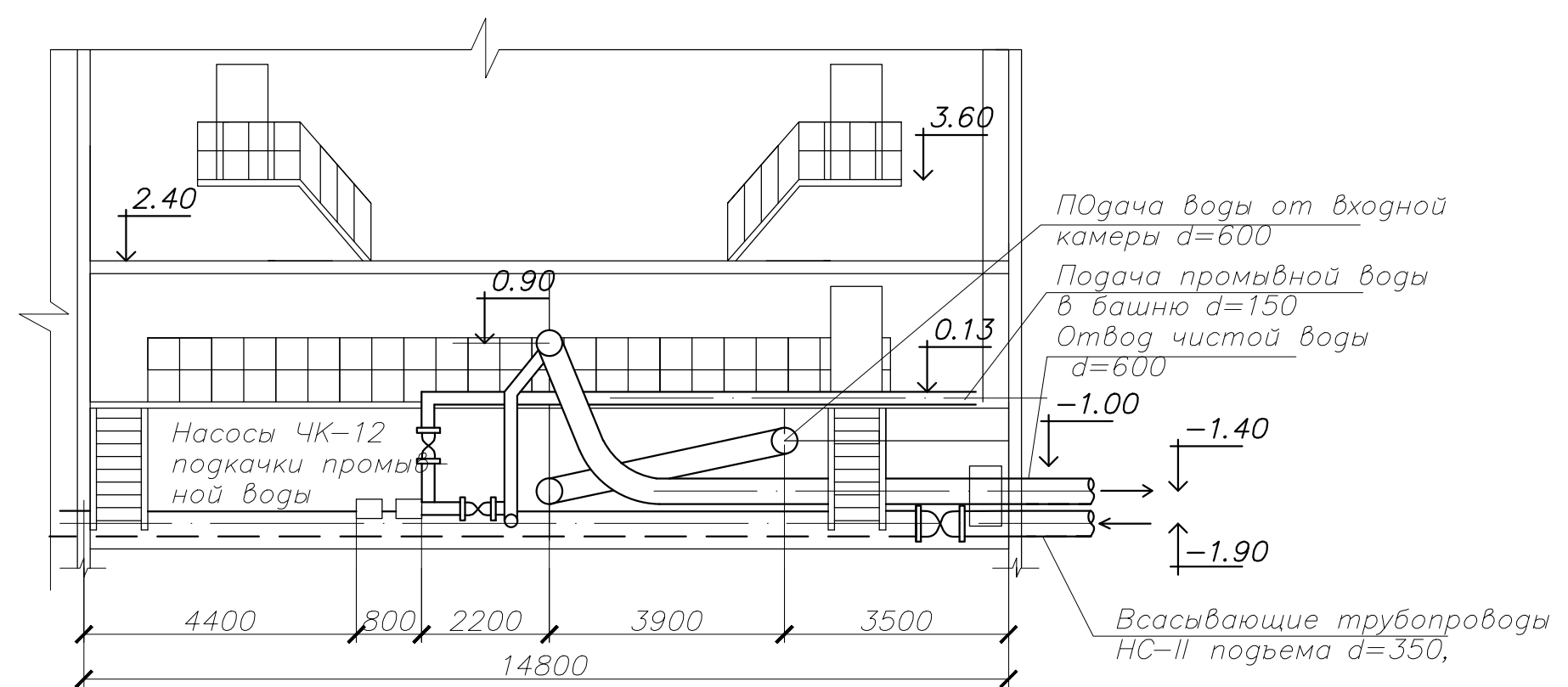
Разрез 1-1



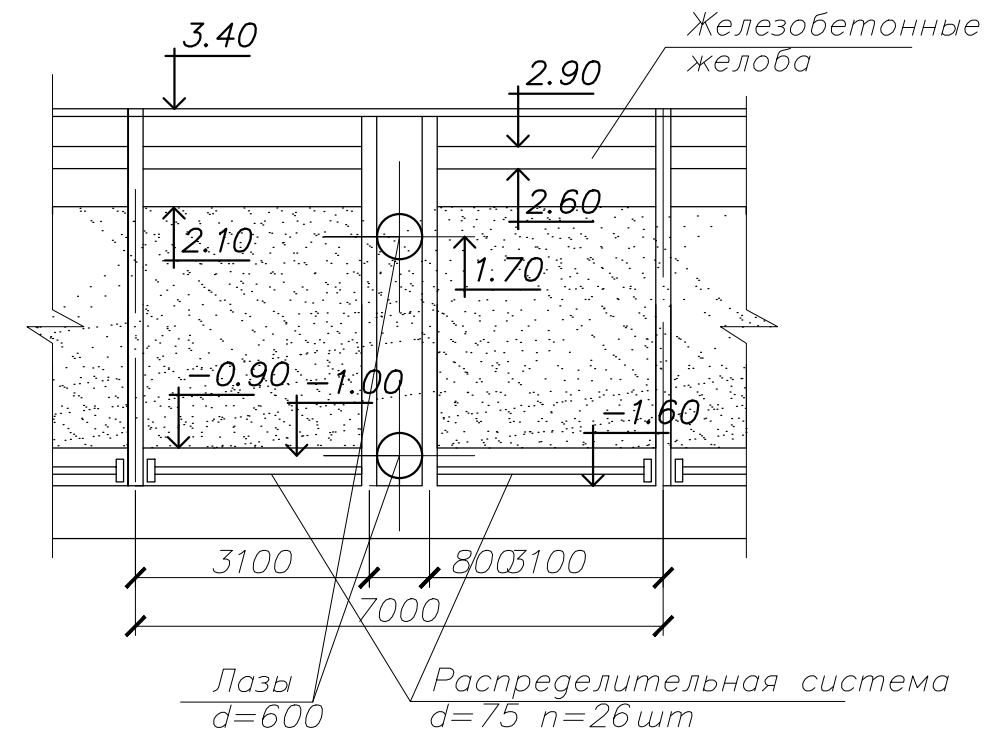
Разрез 2-2



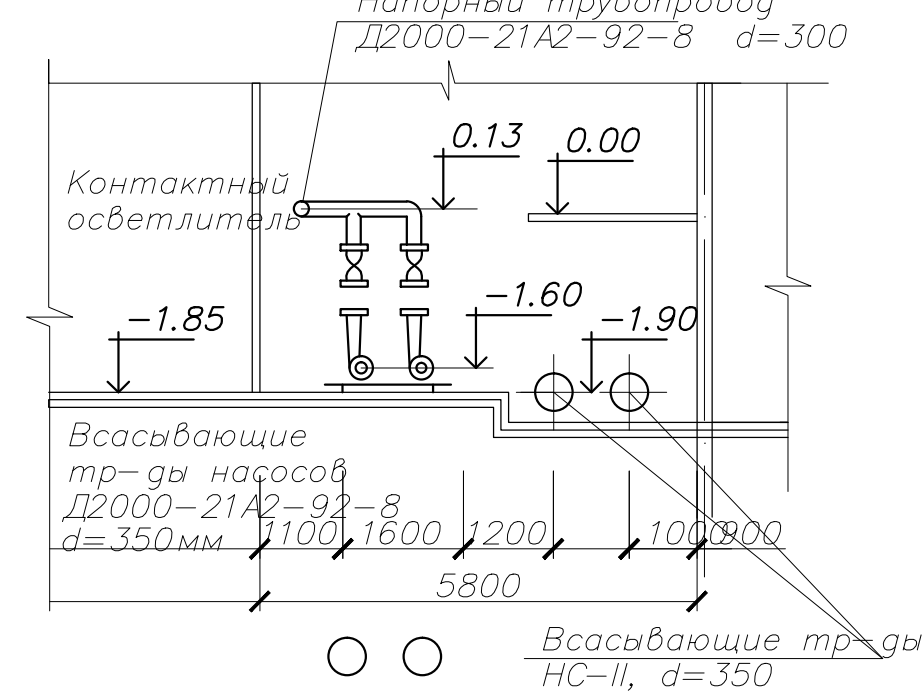
Разрез 3-3



Разрез 4-4



Разрез 5-5



Деталь загрузки

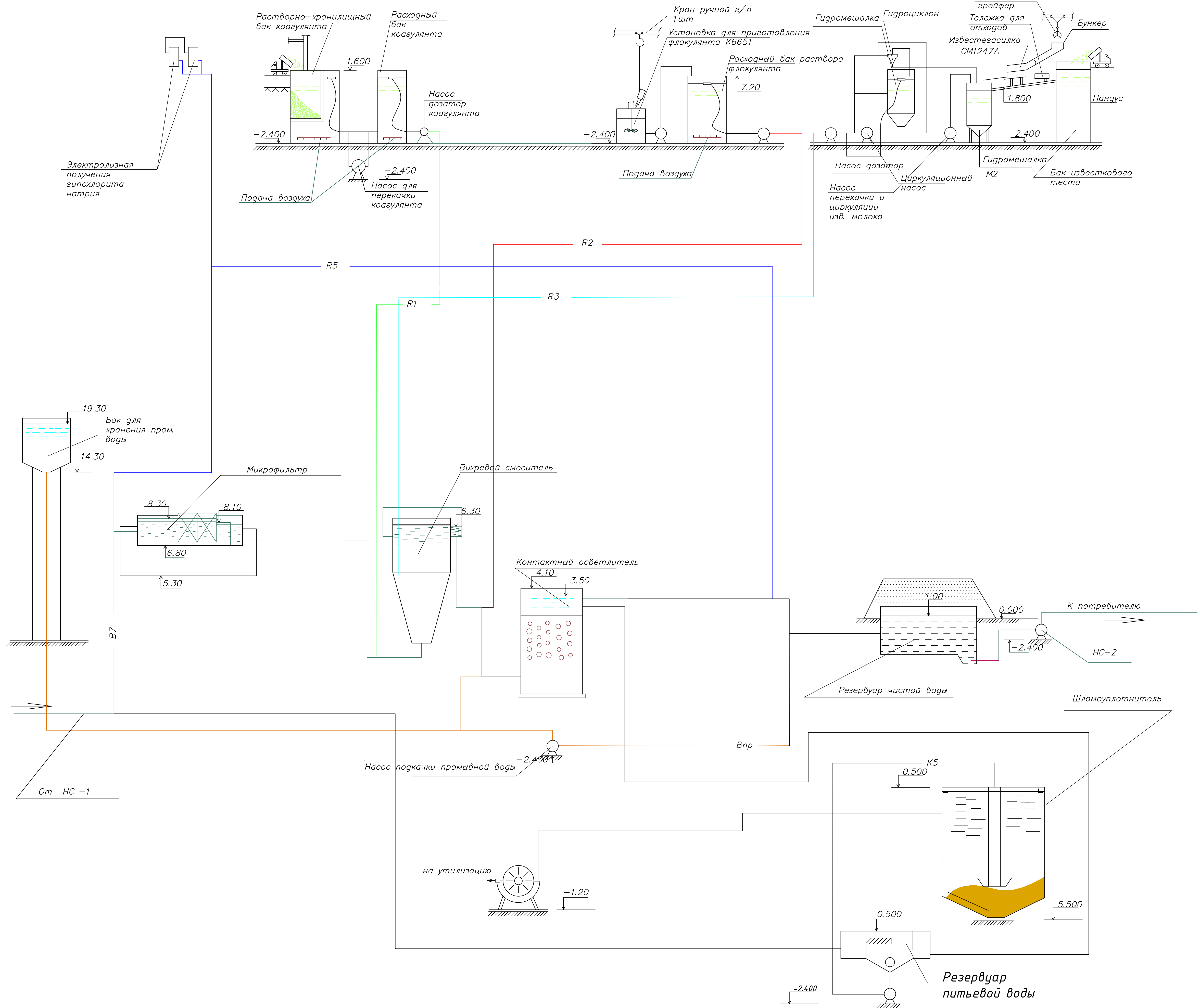
Наименование загрузки	Пределы крупности загрузки, мм	Высота слоя, мм
Песок	d <sub>з</sub> =0.5-2 мм K <sub>п</sub> =2.5	2000
	2.0-4.0	50
	4.0-8.0	100
Гравий	8.0-16.0	100
	16.0-32.0	250

распределительная система d=100мм

						ВКР – 08.03.01.06				
						Сибирский федеральный университет Инженерно – строительный институт				
Изм.	Колуч	Лист	Мдк	Подпись	Дата					
Разраб		Сисоева				Водоснабжение города численностью 70000 человек из поверхностного источника		Стадия	Лист	Листов
Руководит		Пазенко						5	6	
Консульт		Пазенко								
И.Контр		Пазенко				Разрезы контактных осветителей		Кафедра ИСЗиС		
Зав.кафед		Сакаш								



инд. N подг. инд. N лист. инд. N



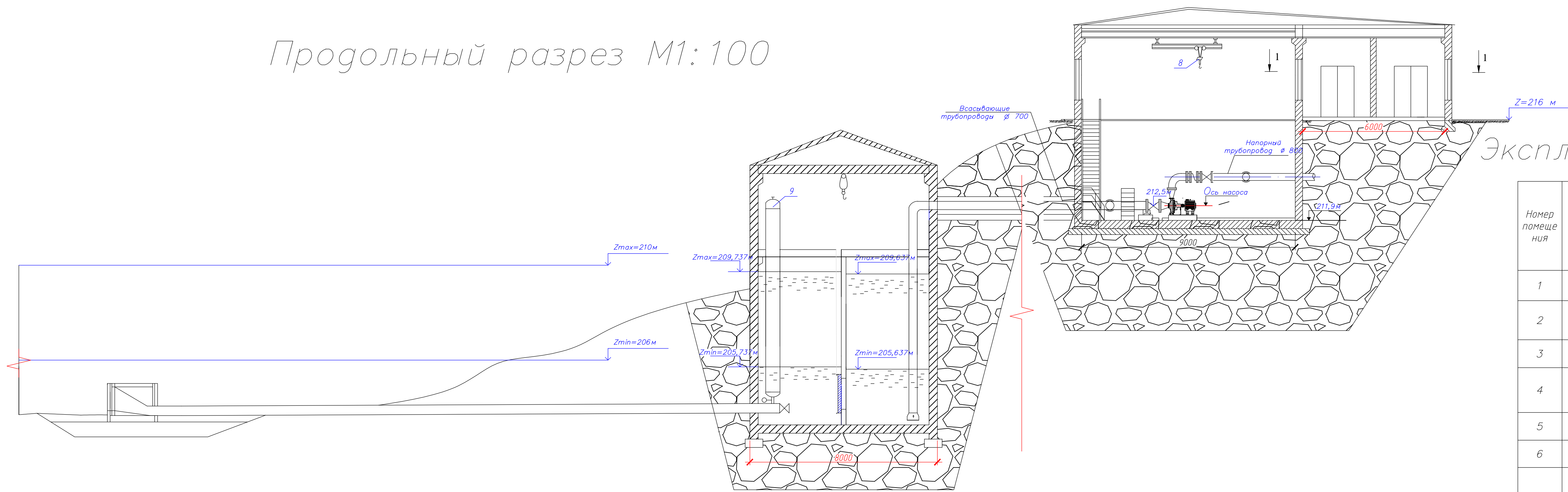
# Условные обозначения

- R1 Трубопровод раствора коагулянта
- R2 Трубопровод раствора флокулянта
- R3 Трубопровод подачи известкового молока
- R5 Трубопровод хлорной воды
- B1 Трубопровод хозяйственно-питьевой воды
- B7 Трубопровод исходной воды
- K5 Трубопровод отвода осадка
- Впр Трубопровод промывной воды

						ВКР – 08.03.01.06		
						Сибирский федеральный университет Инженерно – строительный институт		
Изм.	Колуч	Лист	Мдк	Подпись	Дата	Водоснабжение города численностью 70000 человек из поверхностного источника	Стадия	Лист
Разраб	Сисоева							Листов
Руководит	Пазенко							3 6
Консульт	Пазенко							
И.Контр.	Пазенко					Схема движения воды по сооружениям	Кафедра ИСЗиС	
Зав.кафед	Сакан						Формат А1	



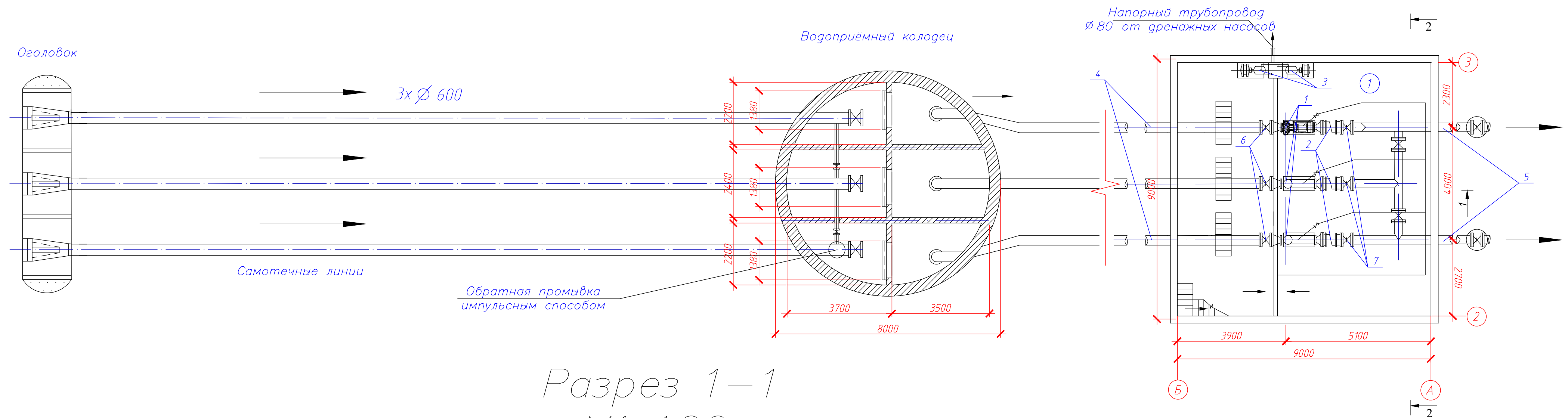
Продольный разрез М1:100



Экспликация помещений

Номер помеще-ния	Наименование	Площадь, м²	Кол.
1	Машинный зал	36,0	1
2	Монтажная площадка	27,3	1
3	Помещение РУ	8,4	1
4	Трансформаторная площадка	8,1	2
5	Мастерская	3,3	1
6	Диспетчерская	7,2	1
7	Помещение для дежурного персонала	3,4	1
8	Санузел	2,2	1

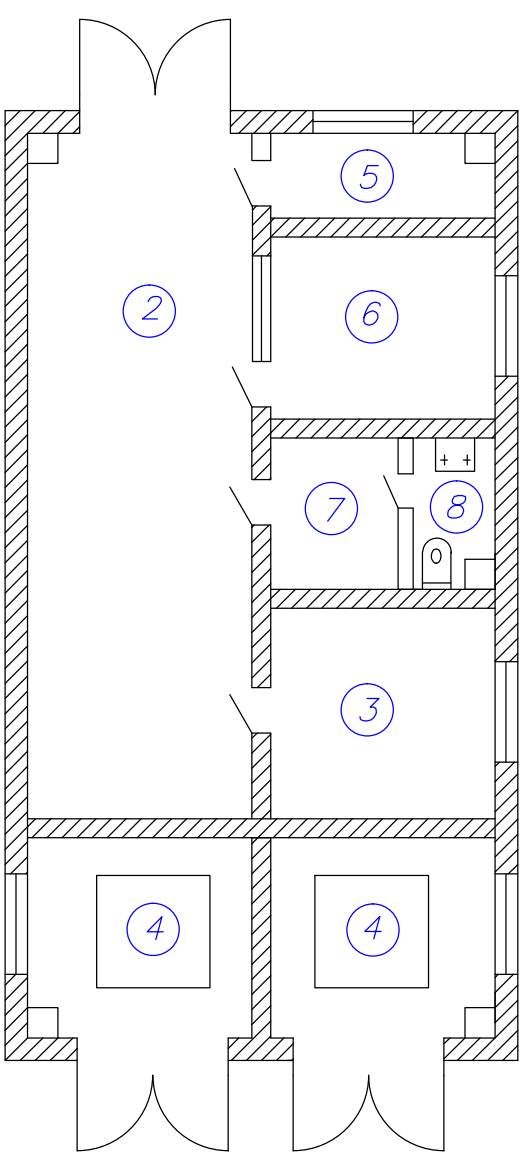
План М1:100



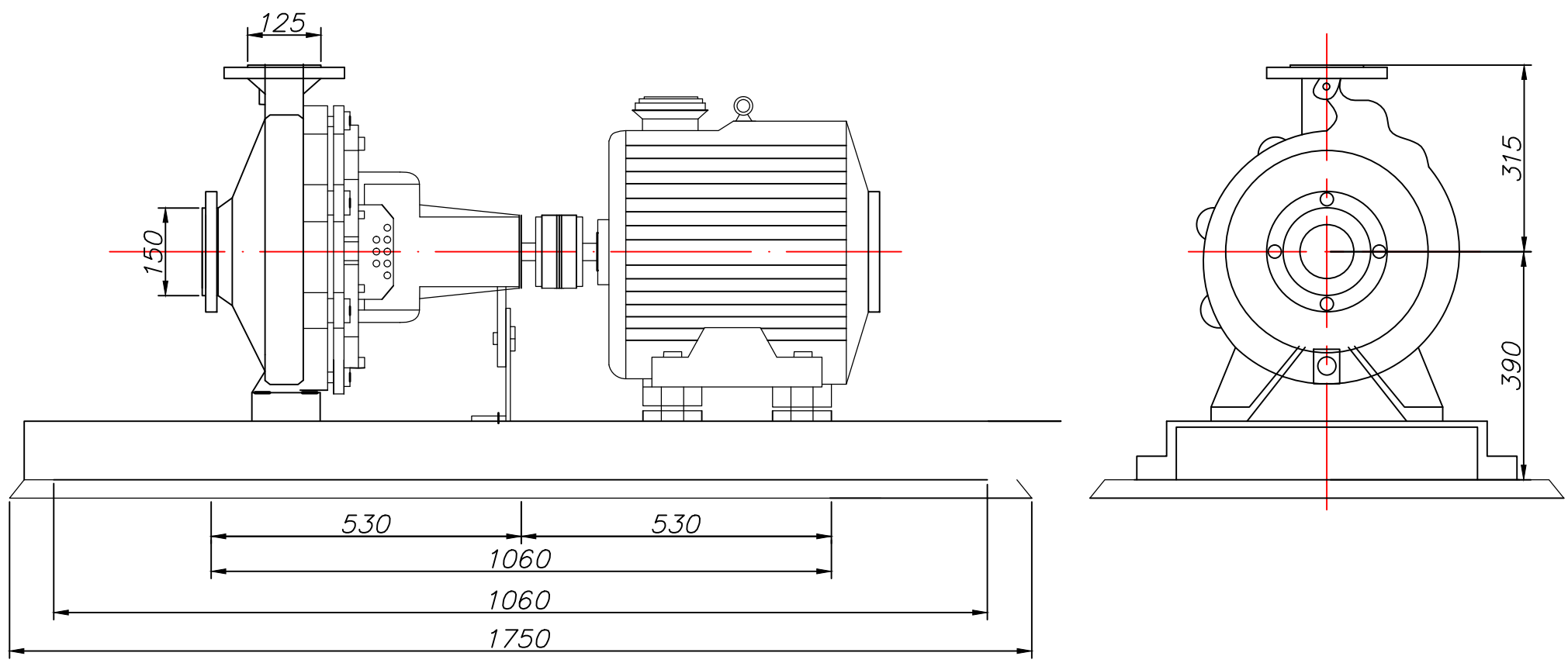
Спецификация оборудования

№ поз	Наименование	Обозначение	Кол.	Масса, кг	Примечание
1	Центрабжежный насос	ЦНК 125/200 "Иртыш"	3	965	2 рабочих+1 резервный
2	Обратный клапан Ду=800	19ч 218р	3	30	
3	Дренажный насос	ГНОМ 16-15	1	32	
4	Всасывающий трубопровод	d=700 мм			
5	Напорный трубопровод	d=800 мм			
6	Задвижка на всасывающем водоводе	d=700мм BV-05-47	5		
7	Задвижка на напорном водоводе	d=800мм BV-05-47	7		
8	Кран подвесной одноблочный		1	5000	ГОСТ 7890-73
9	Вакуум-насос	ВВН1-0.75	1	82	

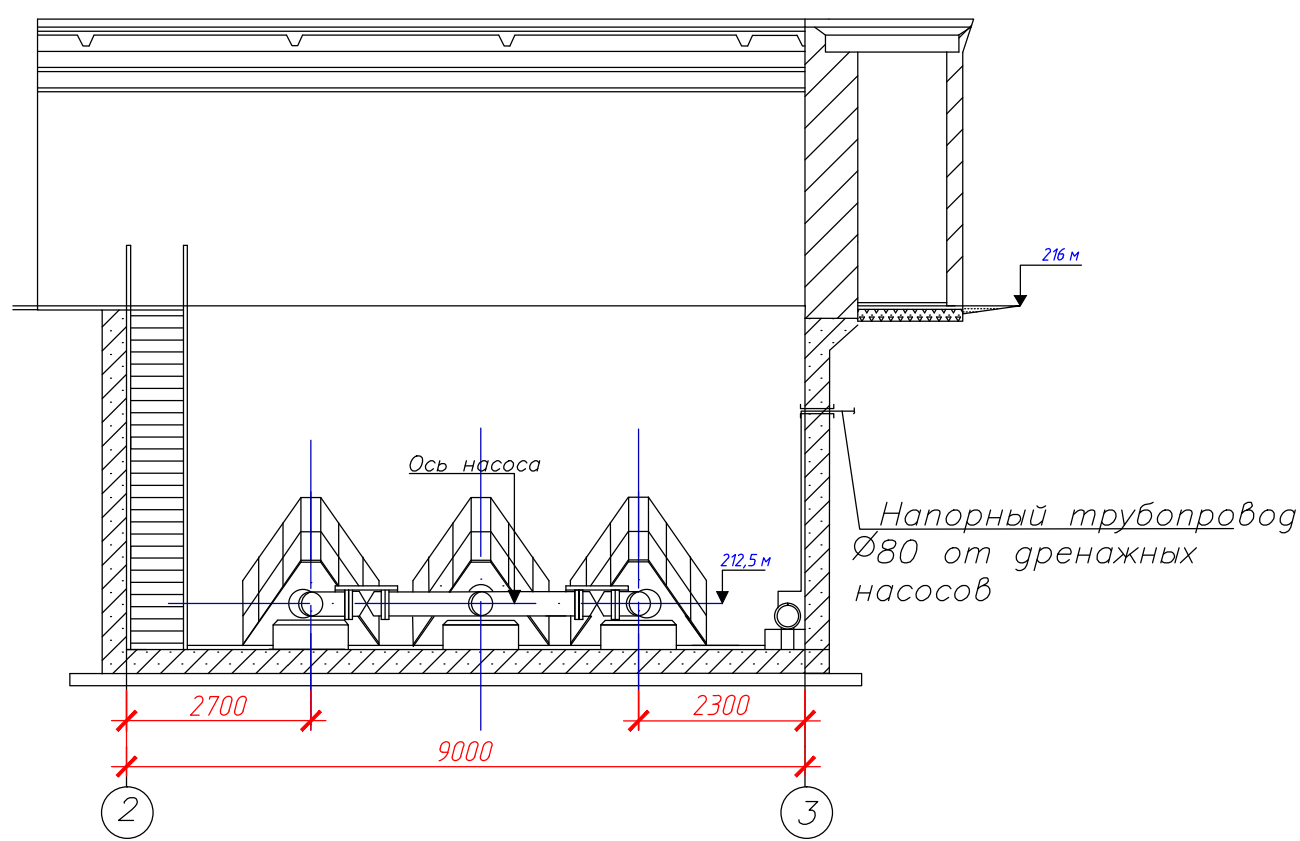
Разрез 1-1 М1:100



Насос ЦНК 125/200 "Иртыш" М1:10



Разрез 2-2 М1:100



ВКР — 08.03.01.06					
Сибирский федеральный университет Инженерно — строительный институт					
Изм.	Колуч	Лист	Мдк	Подпись	Дата
Разраб	Сисоева				
Руководит	Пазенко				
Консульт	Пазенко				
И.Контр.	Пазенко				
Зав.кафед	Сакан				
Водоснабжение города численностью 70000 человек из поверхностного источника				Стадия	Лист
План и разрезы водозаборного сооружения и НС-1				2	6
				Кафедра ИСЗиС	